TIJDSCHRIFT VOOR INDUSTRIËLE STATISTIEK EN KWALITEITSBELEID · NUMMER 4 1956

sigma



Sigma wordt gezamenlijk uitgegeven door de Stichting Kwaliteitsdienst voor de Industrie en de Vereniging voor Statistiek. Het verschijnt twee-maandelijks.



Adres Redactie en Administratie Sigma:
Koninginnegracht 101
's-Gravenhage. Tel.: 01700/184463.

Adres Redactie Statistisch Nieuws:
Oostduinlaan 2
's-Gravenhage. Tel.: 01700/184270.



Abonnementsprijs

f 9,— per zes nummers. Deze prijs geldt voor Nederland, de Nederlandse Antillen, Suriname, België, Luxemburg en Indonesië.

Voor de overige landen bedraagt de abonnementsprijs *f* 11,—, alles bij vooruitbetaling op gironummer 629376, ten name van de Kwaliteitsdienst voor de Industrie te 's-Gravenhage.

De prijs van losse nummers bedraagt *f* 2,—.
Leden van de Vereniging voor Statistiek ontvangen Sigma gratis.

sigma Σ

nummer 4 - augustus 1956

Ditmaal....

Pagina

De ontwikkeling van de kwaliteitszorg

II. Het gebruik van controlekaarten; de nazorg op korte en lange termijn; beoordeling van controlekaarten.*

Beschouwingen naar aanleiding van een Amerikaanse reis door J.H. ENTERS Medewerker van het Raadgevend Bureau Ir.B.W.Berenschot N.V.

Kwaliteitscontrole als signaalsysteem.

Een van de belangrijke hulpmiddelen van de moderne kwaliteitszorg is het zichtbaar maken van de kwaliteit door middel van grafische voorstellingen; de zogenaamde *controlekaarten.*

(Dit reeds ingeburgerde woord is een soort fonetische vertaling van de Engelse term „Control charts"). Men onderscheidt twee hoofdtypen: de controlekaarten waarbij *meet*resultaten worden weergegeven die de kwaliteit bepalen (zoals lengte, gewicht, gelijkmatigheid, ohmse weerstand etc.) en kaarten waarbij het *aantal* fouten of afgekeurde exemplaren in steekproeven van een bepaalde omvang wordt geregistreerd.

Kaarten voor het weergeven van meetresultaten kunnen uiteraard alleen toegepast worden wanneer er inderdaad gemeten wordt. In die gevallen is het inzicht dat verkregen wordt belangrijk beter dan wanneer men zich bepaalt tot het indelen in „goed of niet goed", zoals dat bijvoorbeeld gebeurd bij kaliberkeuring bij metaalbewerking.

Er is in de Verenigde Staten zowel als in ons land een duidelijke tendenz om in gevallen waar de kwaliteitseisen hoog zijn in vergelijking met het bereikbare, zoveel mogelijk over te gaan tot het meten van de betreffende eigenschap. Dit betekent dus dat kalibers vervangen worden door afleesbaar meetgereedschap en dat in gevallen waar tot dusver slechts subjectieve beoordeling mogelijk was, wordt overgegaan op hiervoor speciaal ontwikkeld meetgereedschap. De invoering van meetinstrumenten die de gelijkmatigheid van garen in de spinnerij kunnen meten, waardoor men niet meer afhankelijk is van de subjectieve visuele beoordeling, is hiervan een markant voorbeeld. Door deze overgang is het inzicht in de prestaties van de verschillende spinmachines zeer verbeterd waardoor verschillende correcties tot stand kwamen.

In figuur 1 wordt een voorbeeld van een controlekaart voor een gemeten grootheid gegeven, in figuur 2 een voorbeeld van een geval waarbij het aantal fouten in een steekproef wordt weergegeven. (zie pag. 76)

Wat hebben we hier nu mee bereikt? Het antwoord luidt: nog niets. Deze werkwijze verbetert ons inzicht. We kunnen bijvoorbeeld uit figuur 1 zien dat nodeloos wordt bijgesteld en uit figuur 2 dat de fouten voornamelijk worden veroorzaakt — door afwijkend materiaal — in de knipzaal.

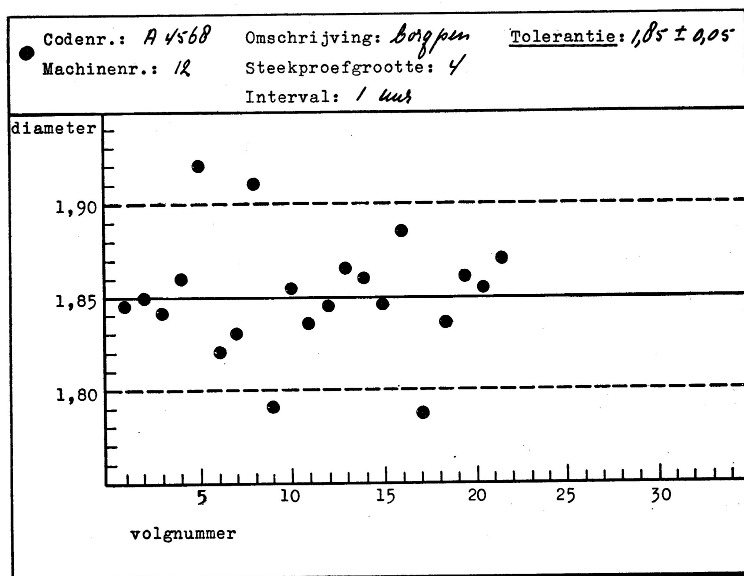


Fig. 1. Voorbeeld van een controlekaart voor een gemeten grootheid.

---

*) *Dit artikel is het tweede in een reeks van vijf. De onderwerpen die besproken werden in een lezing voor de Bedrijfssectie van de Vereniging voor Statistiek op 29 april 1956 worden in deze reeks verder uitgewerkt.*

Maar deze verbetering van het inzicht betekent nog geen verbetering van de produktie. Die zal pas tot stand komen indien we naar aanleiding van het gevondene *maatregelen nemen.*

We moeten ons er goed van bewust zijn, dat deze methoden die we bij de kwaliteitsbeheersing gebruiken slechts *signaalsystemen* zijn. Deze signalen stellen ons in staat in te grijpen daar waar dat nodig is. Indien we dit niet doen zullen we geen resultaten boeken. We mogen dit aan het systeem evenmin verwijten als aan een brandmeldingsapparaat dat verzuimt de brand te blussen.

Terugkoppelen van de signalen.

De laatst getrokken conclusie lijkt het intrappen van een open deur, maar men ziet maar al te vaak, dat betrekkelijk veel aandacht aan de constructie van de controlekaarten en relatief weinig aandacht aan de naar aanleiding daarvan te nemen maatregelen wordt besteed.

Het is noodzakelijk bij het invoeren van dergelijke methoden organisatorisch te streven naar „gesloten kringen" om in de terminologie van de regeltechniek te spreken. Elke controlebewerking moet op het gecontroleerde proces worden teruggekoppeld, zodat gemaakte fouten in de toekomst kunnen worden voorkomen.



Feed back

De tegenhanger van deze stelling is: elke controlehandeling die *uitsluitend* het uitsorteren van foute produkten beoogt, betekent verspilling.

Nu dient zulk een terugkoppeling op zodanige wijze plaats te vinden dat de correcties, die naar aanleiding van gevonden fouten worden toegepast, inderdaad tot een beter resultaat zullen leiden. Dit *behoeft* niet het geval te zijn. Bij het proces dat in figuur 1 wordt weergegeven heeft terugkoppeling plaatsgevonden: de arbeider regelde de machine bij, wanneer hij op grond van zijn controleresultaat meende dat de afstelling van de machine moest worden veranderd. De fout die hierbij werd gemaakt was dat bijregeling plaats vond in gevallen waar slechts sprake was van *toevallige* afwijkingen. Wordt in zo'n geval een wijziging gebracht in de afstelling van het proces dan betekent dit geen verbetering, maar een verslechtering: er wordt een nieuwe spreidingsoorzaak geïntroduceerd, waardoor de uitkomsten grotere schommelingen vertonen dan wanneer men het proces met rust had gelaten.

De fout die hier wordt gemaakt is dat men het proces „overregelt". Dit correspondeert ongeveer met het gaan oscilleren van een regelsysteem.

Het overregelen van processen door nodeloos ingrijpen komt in de fabricage vaak voor. Het is een verdienste van de controlekaarten dat zij onderscheid maken tussen de toevallige schommelingen en de systematische veranderingen, waardoor overregeling wordt voorkomen. Hierdoor wordt het regelsysteem „gedempt".

Welke maatregelen worden naar aanleiding van de signalen genomen?

Lang niet altijd kunnen de maatregelen die genomen worden precies worden omschreven. Dit kan het beste met een voorbeeld duidelijk gemaakt worden.

> In een van de fabrieken van Western Electric worden electrotechnische onderdelen vervaardigd; onder andere transistors.
>
> De eerste fase van de fabricage van deze onderdelen is belangrijk, hij wordt in figuur 3 schematisch weergegeven.
>
> Tussen twee klemmen zijn parallel twee platina draden gespannen, waartussen de afstand ca. 1 mm bedraagt. Een meisje heeft tot taak met een staafje druppeltjes van een plastische massa uit een reservoirtje op de draden te brengen zodat deze door een aantal bolletjes van deze massa met elkaar worden verbonden. Deze druppeltjes verharden, nadat ze later op een bepaalde temperatuur zijn verhit.

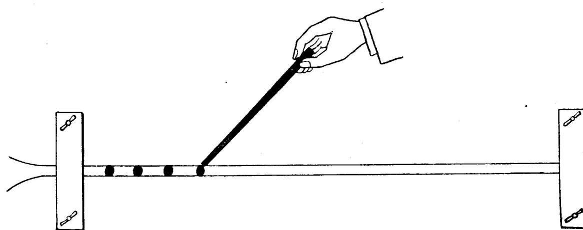


Fig. 3. Fabricageprincipe van transistors

Voor de latere werking van de transistor waarvan zo'n druppeltje met twee platina draadjes de kern is, is het belangrijk dat de diameter van het bolletje aan nauwe toleranties voldoet. Een hoog percentage van de bolletjes voldeed hieraan niet, hetgeen de produktie uiteraard sterk vertraagde.

Steekproeven uit de gemeten diameters werden op dezelfde manier als in figuur 1 grafisch op een controlekaart weergegeven. Het bleek dat de meisjes hier veel belangstelling voor hadden en hun wijze van werken zodanig wisten te verbeteren dat de variatie in de diameters aanmerkelijk afnam.

Het is in dit geval moeilijk te omschrijven welke „maatregelen" genomen werden, waarschijnlijk wisten de meisjes het zelf ook niet. Maar het lijdt geen twijfel dat de hier toegepaste „terugkoppeling" essentieel was voor het tot stand komen van de verbetering.

In de fabrieken van John Deere (tractoren en andere landbouwwerktuigen) zijn een groot aantal controlekaarten in gebruik, waarop belangrijke maten en andere eigenschappen van geproduceerde onderdelen worden weergegeven. Bij overschrijding van de „alarmgrenzen" op zo'n controlekaart wordt door de controleur een „hold tag" uitgeschreven. Een exemplaar van deze blokkeerbon blijft bij de partij, de controleur behoudt een exemplaar en het derde gaat naar de voorman van de betreffende produktiegroep. Laatstgenoemde is *verplicht* de oorzaak van de verstoring op te sporen en te verhelpen en de reeds geproduceerde produkten te doen sorteren en zo mogelijk herstellen. Deze verplichting wordt door de voorlieden en hun superieuren zeer serieus genomen.

Periodiek vindt een bespreking over de in de afgelopen periode uitgeschreven blokkeerbonnen plaats, waarbij onderzocht wordt of de gevallen ingrijpende maatregelen noodzakelijk maken.

Een van de aanbevelingen van een Engels productivity team, dat in 1951 een bezoek aan U.S.A. bracht, luidde „means should be established, such as quality action committees, to translate information into positive action" (1).

Het valt bij een bezoek aan vooraanstaande Amerikaanse industrieën op, dat dit omzetten van informatie in maatregelen inderdaad een van de pijlers is waar een succesvolle kwaliteitszorg op rust. De verkregen gegevens zullen aanleiding moeten zijn tot verbetering van fabricageprocédé's en gereedschappen. Het zal duidelijk merkbaar moeten zijn in het bedrijf, dat de leiding de kwalitatieve resultaten nauwlettend volgt.

In een zeker confectiebedrijf vindt het werk in de naaizaal volgens het lopende-bandsysteem plaats. Aan de banden worden de kledingstukken aan het eind door een controleuse geïnspecteerd. Haar werd gevraagd bij het constateren van een fout te noteren aan welke plaats van de band deze fout gemaakt werd. Hierbij viel op dat één meisje duidelijk meer fouten maakte dan haar collega's. Wij vroegen de controleuse wat zij hieraan deed. Zij zei dat ze de exemplaren met een fout terugbracht naar het betreffende meisje om te herstellen. Toen met dit meisje over deze fout gesproken werd, bleek dat zij de fouten zelf niet maakte, maar een ander meisje aan de band. Zij repareerde ze desondanks uit collegialiteit wanneer de controleuse werk terug bracht.

Hier werd de verkregen informatie oorspronke-

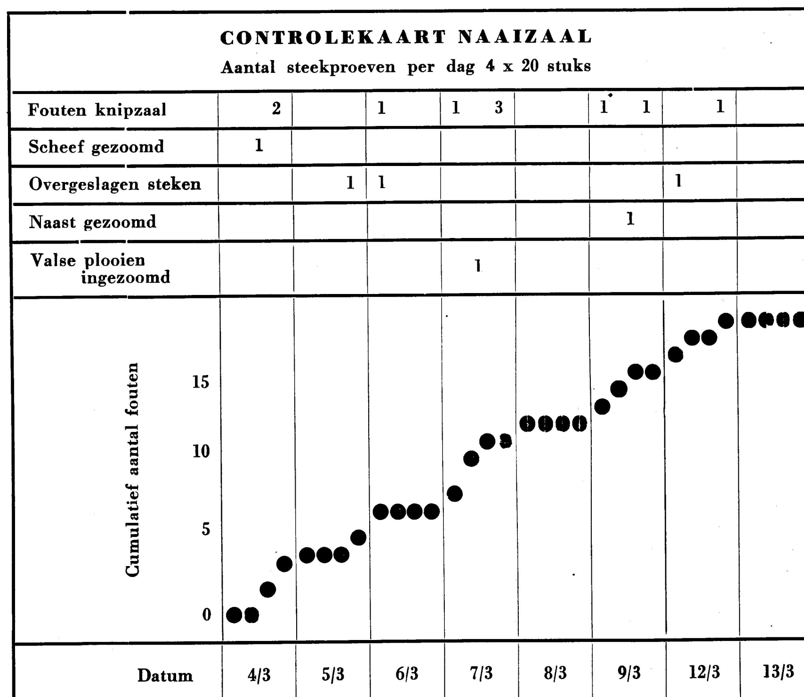


Fig. 2. Voorbeeld van een controlekaart voor het aantal fouten per steekproef.

Literatuur:

(1) Inspection in Industry.
Anglo American Council on Productivity, London 1953.

lijk dus niet gebruikt tot het aanbrengen van verbetering. De terugkoppeling was onvoldoende. Zulke gevallen zijn niet zeldzaam! Het produktieverlies dat erdoor ontstaat is vaak aanzienlijk.

Het is geen uitzondering wanneer meer dan 10% van de produktiecapaciteit van een montageafdeling (een naaizaal bijvoorbeeld) verloren gaat tengevolge van herbewerkingen die hadden kunnen worden vermeden door een doelmatiger kwaliteitsbeleid.

Het beoordelen van controlekaarten.

Op een controlekaart worden de resultaten van steekproeven die uit de produktie worden genomen in chronologische volgorde weergegeven. Hierdoor maken we zichtbaar hoe het proces zich in de loop van de tijd gedraagt. Een zorgvuldige bestudering hiervan kan informatie over het proces verschaffen die anders niet beschikbaar komt en kan ons de weg wijzen voor aan te brengen verbeteringen.

Handleidingen over kwaliteitszorg laten het meestal bij een dergelijke — ongetwijfeld juiste — bewering, die echter te algemeen is om de argeloze lezer voldoende op weg te helpen.

Bij Western Electric is men op dit punt een stap verder gegaan, die de moeite van het beschrijven waard is.

Men heeft hierbij de volgende redenering gevolgd:

Kwaliteitsbeheersing streeft, zoals de naam reeds zegt, naar *beheerste produktieprocessen.* Aan welke voorwaarden voldoet een beheerst proces? Wanneer we een bepaald kwaliteitskenmerk (lengte, gewicht, aantal ondeugdelijke exemplaren) bij een beheerst proces bekijken dan blijkt dat

— de spreiding van het kwaliteitskenmerk voor elke willekeurige reeks geproduceerde exemplaren gelijk is

— de waarde van het kwaliteitskenmerk van een bepaald exemplaar niet samenhangt met de waarde van de voorgaande of de volgende exemplaren.

De eerste voorwaarde betekent, dat we het spreidingsgebied van een toekomstige produktiereeks kunnen voorspellen uit de spreiding van een reeds eerder geproduceerde reeks.

De tweede voorwaarde betekent, dat de resultaten, op een controlekaart chronologisch uitgezet, geen systematisch *patroon* zullen vormen. Doen zij dit wel, dan bestaat er samenhang tussen de waarden van de opeenvolgende exemplaren en is het proces per definitie niet beheerst.

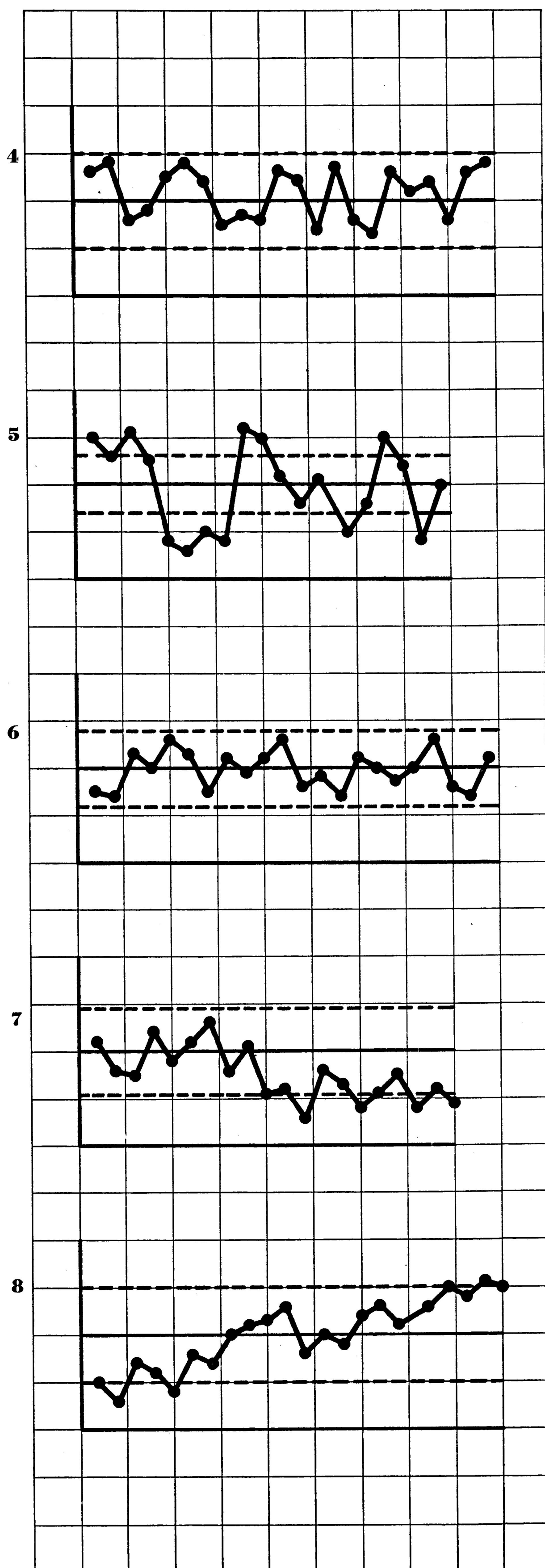
Indien we in de grafische voorstelling van een procesverloop een bepaald patroon, een zekere systematiek, kunnen onderkennen dan geeft ons dit een waardevolle aanwijzing voor de verbetering van het proces. Western Electric heeft daarom een catalogus van patronen vastgesteld en bij elk van de gevallen aanwijzingen gegeven over mogelijke oorzaken van de verstoring. Wij geven in de figuren 4 t/m 13 een overzicht van een aantal van deze patronen met enkele aanwijzingen over de verstorende oorzaken. Deze figuren zijn, tezamen met de toelichtende tekst, weergegeven op de twee volgende pagina's.

In deze grafische voorstellingen denken we ons meetresultaten van *opeenvolgende individuele exemplaren* weergegeven. Het meetresultaat is steeds langs de verticale as, het volgnummer langs de horizontale as uitgezet. De getrokken horizontale lijn in de figuur geeft het procesgemiddelde aan (corresponderend met de afstelling van het proces) de gestreepte lijnen zijn grenzen waartussen 95% van de produktie verwacht wordt te zullen liggen indien geen verstoringen optreden.

Indien we niet — zoals in deze voorbeelden — met de individuele waarnemingen werken, maar met gemiddelden van kleine aselecte steekproeven, zoals bij controlekaarten gebruikelijk is, zullen sommige van de patronen minder gemakkelijk zichtbaar worden (de nrs. 4 en 5 bijvoorbeeld).

Het is raadzaam bij wijze van proef individuele meetuitkomsten in volgorde van produktie uit te zetten, wanneer aan de kwaliteitseisen moeilijk kan worden voldaan en het optreden van verstorende oorzaken vermoed wordt. Dit kan het inzicht zeer verbeteren.

Het blijkt dat discussies met het leidinggevend personeel over de gevonden resultaten van de produktieprocessen in het eigen bedrijf op basis van deze analyse van patronen bijzonder vruchtbaar zijn.



Periodiciteit *(Figuur 4)*
Karakter: een zich herhalend patroon van een top, gevolgd door een dal.
Oorzaak: procesveranderingen die min of meer regelmatig plaatsvinden, zoals : verschillende koppen, posities in een mal, werkploegen, vermoeidheidspatronen of andere seizoenschommelingen, versleten opspanningen, excentriciteit van cylinders, variaties in netspanning etc.

Uitbijters *(Figuur 5)*
Karakter: enkele exemplaren wijken sterk van de overige af. Dit verschijnsel doet zich herhaaldelijk, doch niet met een bepaalde regelmaat, voor.
Oorzaak: een complex van oorzaken dat sterk afwijkt van dat wat bij de overige exemplaren werkzaam is: verkeerde afstelling van machine die onmiddellijk gecorrigeerd werd, verkeerd geregistreerd meetresultaat, niet voltooide bewerking, incidenteel gebruik van afwijkend materiaal etc.

Geleidelijke verschuiving *(Figuur 6)*
Karakter: een op of neerwaartse beweging van de punten, gevolgd door stabilisatie op een ander niveau.
Oorzaak: geleidelijke invoering van nieuw materiaal, werkmethoden, onderhoudssystemen. Een plotselinge verandering kan tot het hier gegeven patroon afgevlakt worden door tussenvoorraden etc.

Instabiliteit *(Figuur 7)*
Karakter: de grafiek vertoont vele uitbijters die niet cyclisch optreden. Een frequentieverdeling van de uitkomsten vertoont vaak meertoppigheid. De figuren 5, 8 en 9 zijn bijzondere gevallen van instabiliteit.
Oorzaak: er zijn een of meer oorzaken die de ligging en/of de spreiding van de frequentieverdeling beïnvloedt. Indien deze zeldzaam optreden spreken we van uitbijters, in dit geval van instabiliteit. Gezocht moet worden naar omstandigheden die het proces niet tot een eenheid maken zoals: meer dan één machine, materiaal of gereedschap; overregeling van machine; instabiele regelmechanismen etc.

Interactie *(Figuur 8)*
Karakter: afwijkingen treden op wanneer aan bepaalde voorwaarden voldaan is.
Bijvoorbeeld: verschillen in vochtigheid van het uitgangsmateriaal veroorzaken afwijkingen doch alleen wanneer de baktemperatuur hoog is. Op controlekaarten uit zich dit verschijnsel door reeksen lage waarnemingen op de spreidingskaart (R-kaart).
Oorzaak: een reeks lage waarnemingen op de R-kaart betekent dat een belangrijke variabele die interactie vertoont tijdelijk niet werkzaam is. Dit kan ons behulpzaam zijn bij het opsporen van deze variabele. Een veel voorkomende interactie is die tussen geschooldheid van de arbeiders en bepaalde machines: op een bepaalde

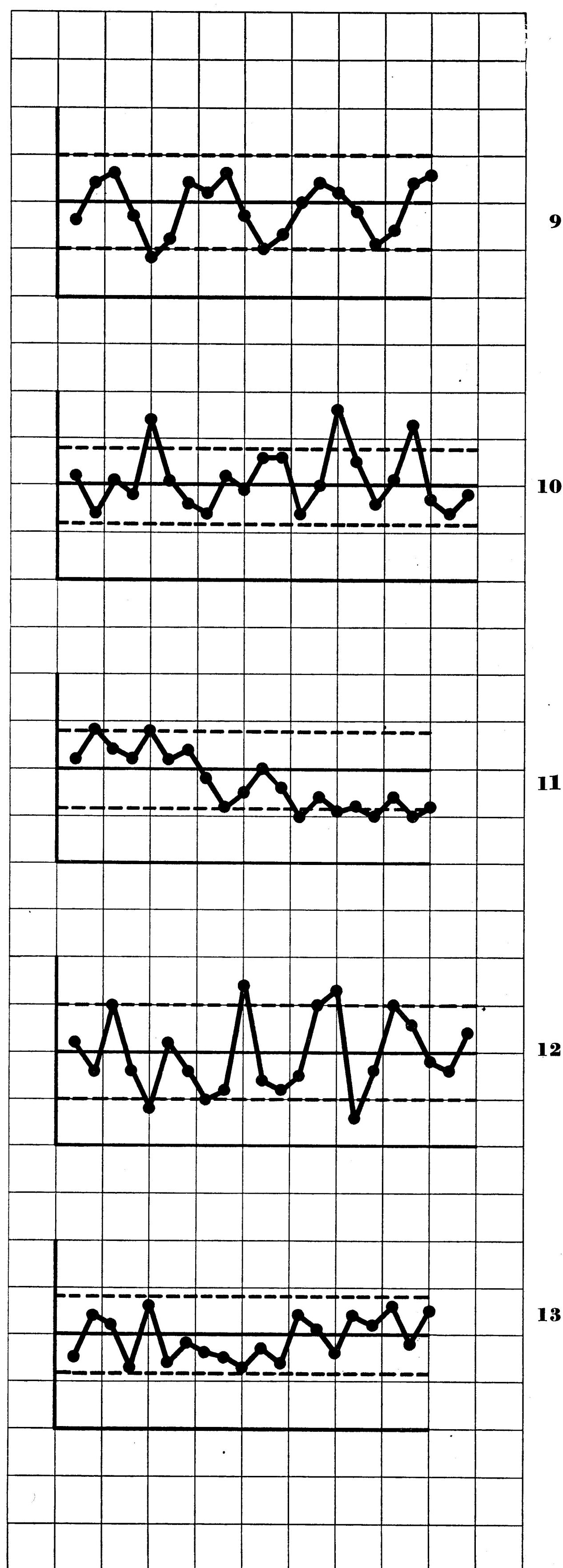
machine komen veel fouten voor, doch alleen wanneer de arbeider onvoldoende geschoold is. Soms zal een speciale procesanalyse nodig zijn om de verstorende factor op te sporen.

Mengproduktie *(Figuur 9 en 10)*
Karakter: er zijn weinig punten in de omgeving van de afstellingslijn. Twee gevallen doen zich voor: stabiele mengproduktie (fig. 9) en instabiele mengproduktie (fig. 10).
Oorzaak: twee of meer materialen, processen, systemen die niet veranderen in verhouding of ligging ten opzichte van elkaar (stabiele mengproduktie) of die dit wel doen (instabiele mengproduktie). Er is samenhang tussen de fig. 5, 7, 8, 9 en 10. Ze onderscheiden zich door de tijd waarin de verschillende verdelingen voorkomen en door de verhoudingen van deze verdelingen.
instabiliteit: de verschillende verdelingen komen en gaan op willekeurige tijdstippen.
uitbijters: één systeem van oorzaken (een verdeling) treedt betrekkelijk zelden op.
interactie: tijdelijk worden alle verdelingen op één na geëlimineerd. Dit wordt soms toevallig ontdekt.
stabiele mengproduktie: de verschillende verdelingen treden tegelijk en in gelijkblijvende verhouding op.
instabiele mengproduktie: de verschillende verdelingen treden tegelijk op, doch in veranderlijke verhoudingen.

Natuurlijk patroon *(Figuur 11)*
Karakter: het beeld blijft stabiel, er zijn geen aanwijsbare verstorende oorzaken, er komen geen identificeerbare patronen voor. Op controlekaarten worden de grenzen niet overschreden. Een groot aantal punten ligt bij de afstellingslijn, een kleiner aantal in de buurt van de grenzen. Het proces wordt beheerst.
Oorzaak: er zijn 'n groot aantal relatief onbelangrijke oorzaken die de spreiding doen optreden. Dit complex van oorzaken blijft in evenwicht.

Plotselinge niveauverschuiving *(Figuur 12)*
Karakter: plotselinge verschuiving van de puntenwolk naar boven of naar beneden.
Oorzaak: dit is een bijzonder geval van fig. 6. De verandering van het oorzakencomplex is hier echter abrupt.

Trend *(Figuur 13)*
Karakter: er vindt een steeds voortschrijdende verschuiving van het niveau in één richting plaats. Met het stellen van deze diagnose moet men voorzichtig zijn, aangezien toevallige schommelingen voor de niet geroutineerde beoordelaar vaak de indruk van een trend geven.
Oorzaak: een of meer oorzaken beïnvloeden het proces sterk in één bepaalde richting. Slijtage van gereedschappen, toenemende vervuiling, vermoeidheid, verandering van inspectienormen, verloop van meetgereedschap, geleidelijke verandering van materiaalsamenstelling, uitputting van baden etc. *(Wordt vervolgd)*



Normaal waarschijnlijkheidspapier

Dr. B. VEEN

medewerker van de Statistische Afdeling
van de N.V. Research-AKU te Arnhem

nleiding

Bij verschillende statistische onderzoekingen verkrijgt men soms grote aantallen frequentieverdelingen te analyseren. In dit artikel wordt een belangrijk hulpmiddel hierbij, n.l. het normaal waarschijnlijkheidspapier, beschreven. Soms kan ook logarithmisch-normaal waarschijnlijkheidspapier dienst doen, hetgeen hier echter (evenals nog andere soorten waarschijnlijkheidspapier) niet wordt behandeld.

Weergeven van uitgebreide waarnemingsreeksen

Wanneer men een kenmerk meet aan een voldoende aantal (100 tot 500 stuks, in elk geval ten minste 50) individuen van een populatie [1]), dan kan men deze primaire uitkomsten weergeven in een stippendiagram (zie fig. 1a). Op deze wijze bereikt men een meer overzichtelijke rangschikking van de waarnemingsuitkomsten dan wanneer men ze in hun willekeurige volgorde van binnenkomen als reeks tracht te overzien. Het nadeel van deze stippendiagrammen is echter, dat de volgorde der metingen hierin verloren is gegaan, zodat men onderlinge correlaties tussen opeenvolgende waarden e.d. niet meer kan constateren. Wanneer men hiervan echter bewust kan of mag afzien is deze wijze van weergeven van groot voordeel. Indien nu het meten met relatief grote nauwkeurigheid geschiedt, is het aantal uitkomsten dat binnen een afrondingsinterval (0.01 mm in fig. 1a) valt gemiddeld gering en daardoor sterk aan toevalsschommelingen onderhevig. Men verkrijgt dan onregelmatigheden in de verdeling en zelfs kan b.v. meertoppigheid worden gesuggereerd, terwijl deze in werkelijkheid niet aanwezig is (vgl. fig. 1a).
In dat geval dient men de waarnemingsresultaten in een kleiner aantal klassen te groeperen. Het aantal klassen is gewoonlijk gunstig wanneer het van de orde van grootte is van de wortel uit het aantal waarnemingen („wortel-n regel"). Door op deze wijze het aantal klassen vast te leggen wordt tevens de klassebreedte bepaald. Immers deze wordt ongeveer gelijk aan de totale spreidingsbreedte van alle waarnemingsuitkomsten gedeeld door het aantal klassen. De invloed van het aantal klassen blijkt uit de figuren 1b, 1c en 1d, waarin voor dezelfde grondgegevens als van figuur 1a achtereenvolgens een te groot, een ongeveer juist en een te klein aantal klassen is gekozen. We zien dat in figuur 1b, om dezelfde reden als bij het stippendiagram, nog steeds onregelmatigheden voorkomen in de aantallen per klasse. In figuur 1c zijn alle onwezenlijke onregelmatigheden verdwenen; in figuur 1d ook, doch bij een te klein aantal klassen kan men altijd regelmatige verdelingen verkrijgen, ook in

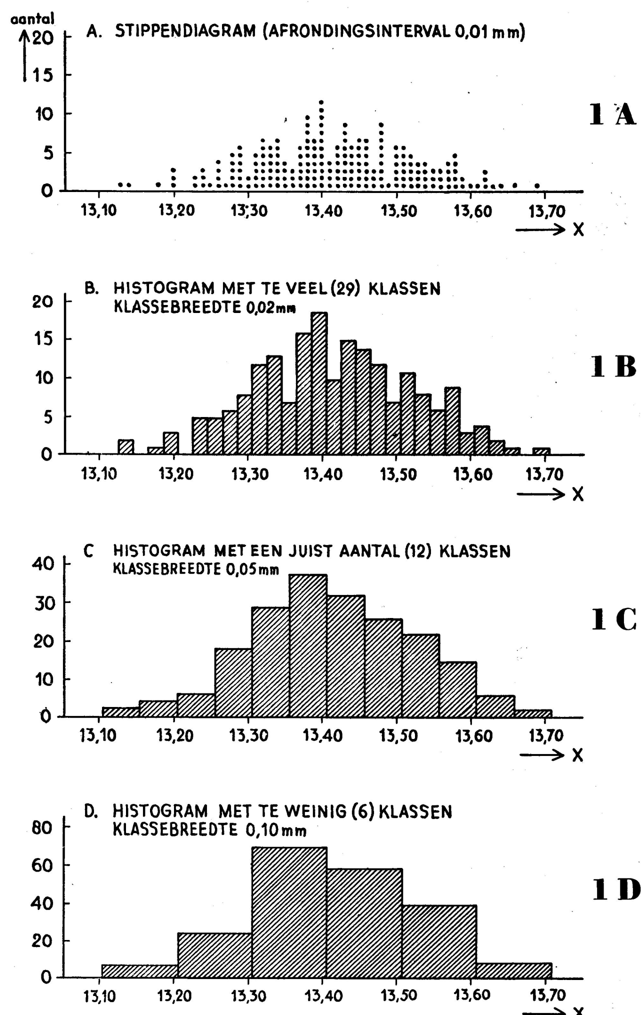
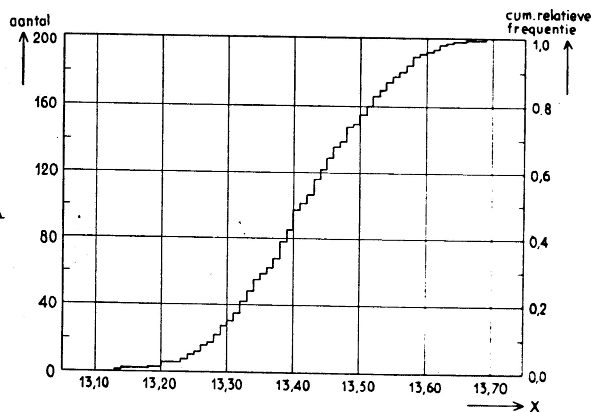


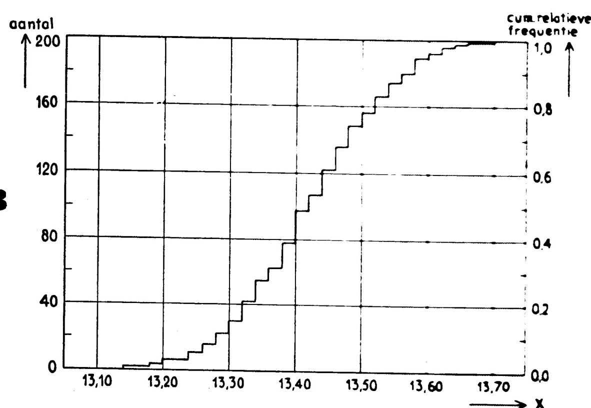
Fig. 1. Stippendiagram en histogrammen van een steekproef van de diameters x (in mm) van 200 klinknagelkoppen.

[1]) Onder populatie verstaan we de verzameling van alle gelijksoortige individuen waaraan men onder dezelfde omstandigheden de meting zou kunnen verrichten.

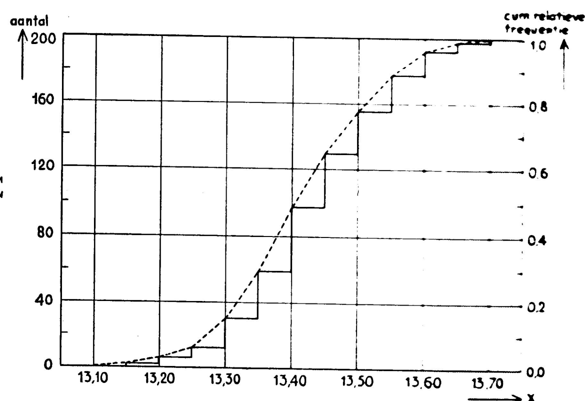
2 A



2 B



2 C



2 D

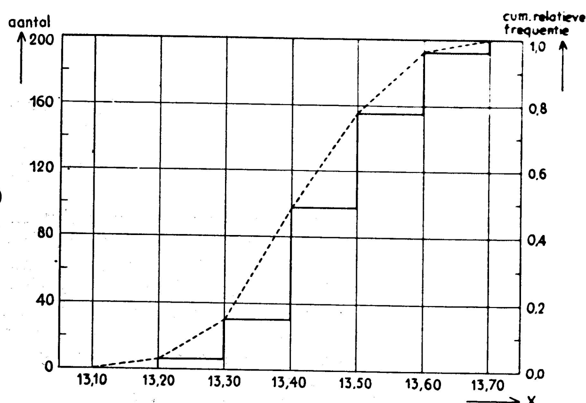


Fig. 2. Cumulatieve frequentiepolygonen van het stippendiagram en de histogrammen van figuur 1.

gevallen waarbij de werkelijke verdeling niet regelmatig is.

Hoewel met enige ervaring wel het een en ander aan deze histogrammen is te zien, blijft het een riskante onderneming om aan de hand er van iets te zeggen omtrent de eigenschappen van de verdeling, zoals het al of niet normaal zijn, de grootte van de standaarddeviatie, e.d.. Voor dat doel is het weergeven van een histogram in een *cumulatieve frequentiepolygoon* beter. Deze ontstaat door als ordinaat van de figuur telkens het totale aantal gevonden waarden uit te zetten, dat kleiner dan of gelijk is aan de op de abscis aangegeven klasse*grens*. Er ontstaan „trapjesfiguren" als in figuur 2a, b, c, en d, welke respectievelijk berusten op dezelfde gegevens als de figuren 1a, b, c en d. In deze polygonen kan men, evenals trouwens in de histogrammen, de ordinaat aangeven in absolute aantallen, dan wel in fracties of procenten (relatieve frequenties).
We merken op, dat in deze cumulatieve frequentiepolygonen het verloop in veel geringere mate wordt beïnvloed door de keuze van de klassebreedte en het eerste klassemidden dan in de histogrammen het geval is. Wanneer we in de figuren 2a, b, c en d de hoekpunten van de trapjesfiguren door rechte lijnstukken verbinden (zoals in figuur 2c en 2d is gedaan) krijgen we zelfs praktisch dezelfde figuren. We kunnen de frequentiepolygonen idealiseren door ze voor te stellen als vloeiende krommen (zie figuur 3a), die overeenstemmen met de cumulatieve verdelingskrommen van de populaties.

Aan een cumulatieve frequentiepolygoon kunnen we op eenvoudige wijze direct aflezen hoe groot de fractie van de waarnemingsuitkomsten is, die kleiner zijn dan de waarde op de abscis aangegeven. Ook omgekeerd, hoe groot de absciswaarde is, die behoort bij een zekere fractie (of zeker percentage). We noemen deze absciswaarde een *fractiel*, resp. een *percentiel.*
Zo lezen wij bijv. in figuur 3a af, dat een fractie 0,20 (= het 20ste percentiel) van de waarnemingsresultaten van verdeling III kleiner is dan 67 mm, of m.a.w. dat het 0,20ste fractiel gelijk is aan 67 mm.

Normale verdeling

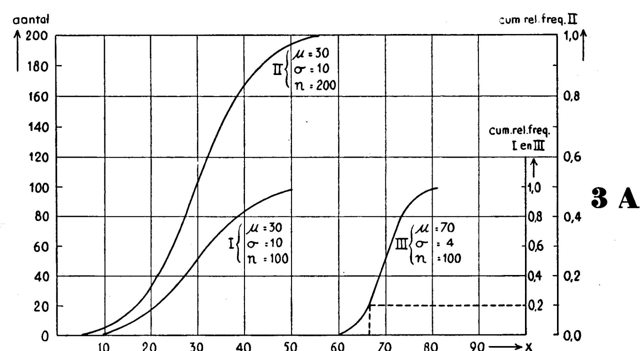
In het geval van een z.g. normale verdeling heeft de cumulatieve verdelingskromme een zeer bepaalde vorm, die o.a. afhankelijk is van de gebruikte schaaleenheden en van de waarde van de standaarddeviatie. We kunnen echter de cumulatieve verdelingskromme standaardiseren door de schaal op de abscis zodanig te vergroten of te verkleinen dat de standaarddeviatie dezelfde afmeting krijgt, en tegelijkertijd de verdelingskrommen zodanig te verschuiven dat hun gemiddelden samenvallen met het nulpunt van de

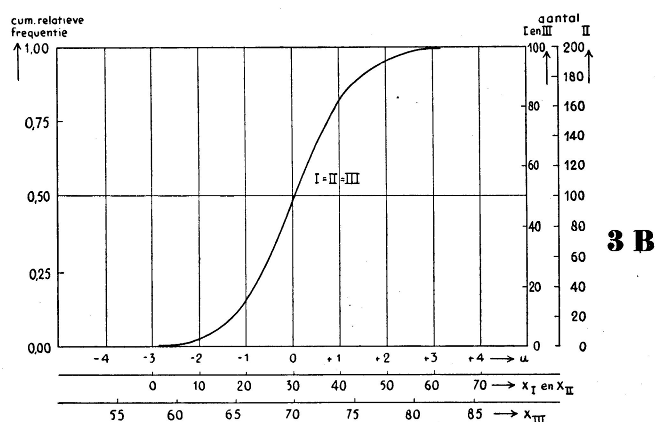
schaal. Men bereikt dit door de waarde van x te veranderen in z.g. u-waarden waarbij $u = \frac{x - \mu}{\sigma}$ waarin μ = gemiddelde en σ = standaarddeviatie van de populatie. Voorts gebruikt men op de ordinaat relatieve frequenties. Door deze standaardisatie is al een grote verbetering bereikt omdat nu verschillende verdelingen alle door dezelfde kromme kunnen worden voorgesteld (zie figuur 3b).
Toch blijft het o.a. moeilijk deze krommen te tekenen en om aan dit bezwaar tegemoet te komen moeten we nog een stap verder gaan. De schaal van de ordinaat wordt daartoe zodanig veranderd dat de s-vormige kromme overgaat in een rechte lijn. Populair uitgedrukt wordt dit bereikt door de schaal van de ordinaat naar de beide uiteinden in toenemende mate uit te rekken, zodat het nulpunt (0 %) van de oorspronkelijke schaal in — ∞ komt; en 1 (resp. 100 %) van de oorspronkelijke schaal in + ∞ We krijgen dan z.g. normaal waarschijnlijkheidspapier. De kromme van figuur 3b gaat daarbij over in de rechte van figuur 3c.
Het intekenen van normale verdelingen op dit papier is dus eenvoudig uit te voeren met behulp van een lineaal.

Gebruik van normaal waarschijnlijkheidspapier

Wanneer we van een waargenomen verdeling de cumulatieve frequenties op normaal waarschijnlijkheidspapier uitzetten, krijgen we een serie punten, die min of meer van een rechte lijn afwijkt. Naarmate de punten beter op een rechte liggen, zal de verdeling de normale verdeling beter benaderen. Indien de afwijkingen niet te groot zijn, zal een op het oog zo goed mogelijk door de punten getrokken rechte een redelijke benadering zijn van de best aangepaste normale verdeling. Deze rechte kunnen we dan gebruiken voor het maken van een schatting voor de ligging van het gemiddelde en de grootte van de standaarddeviatie van de steekproef.
Wanneer we immers de ligging van het 50ste percentiel bepalen vinden we de waarde van de mediaan, die bij een normale verdeling samenvalt met het gemiddelde.
Door voorts de ligging van het 16de en 84ste percentiel te bepalen, vinden we de afstand tussen het gemiddelde *verminderd* met één maal de standaarddeviatie en het gemiddelde *vermeerderd* met één maal de standaarddeviatie, dus een afstand van twee maal de standaarddeviatie. Ook kan men op analoge wijze de afstand bepalen tussen $\bar{x} - 2s$ en $\bar{x} + 2s$, d.w.z. 4 s, etc. [2]).

[2]) De percentielen die bij een gestandaardiseerde normale verdeling behoren, zijn getabelleerd. Hiervoor wordt verwezen naar statistische tabellen- en nomogrammenverzamelingen, zoals die o.a. zijn uitgegeven onder redactie van de Vereniging voor Statistiek door H. E. Stenfert Kroese N.V., Leiden.





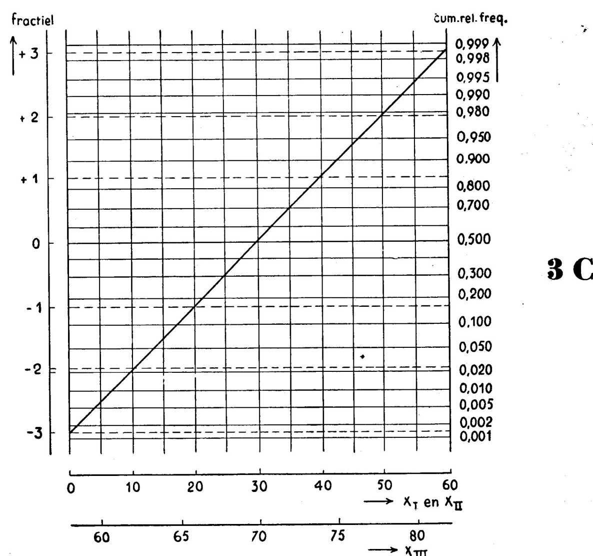


Fig. 3.
In figuur a zijn drie cumulatieve geïdealiseerde frequentiepolygonen weergegeven met verschillende gemiddelden, standaarddeviaties en/of steekproefgrootten, waarbij absolute schalen voor x, zowel als voor de aantallen zijn aangehouden.
In figuur b is langs de abscis een u-schaal gebruikt en langs de ordinaat zijn de schalen voor de relatieve frequenties gelijk genomen. De absolute schalen zijn nu verschillend geworden. Men bereikt echter, dat de drie verschillende verdelingen precies samenvallen. De schalen voor de x-waarden, resp. voor de aantallen, behorende bij de verdelingen I, II en III van figuur a zijn in figuur b onderaan, resp. rechts aangegeven.
In figuur c is hetzelfde weergegeven als in figuur b, met dien verstande dat de ordinaatschaal van figuur b zodanig is getransformeerd, dat de kromme is overgegaan in een rechte.

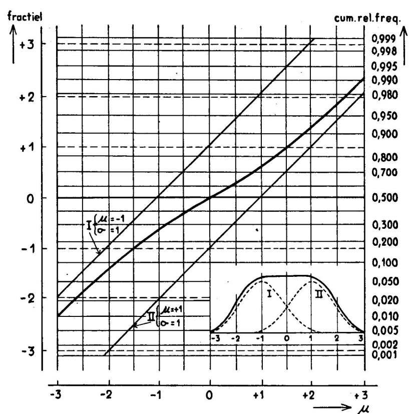


Fig. 5. *Platykurtische verdeling, ontstaan door superpositie van twee normale verdelingen (I en II) met* $\mu_I = -1$ *en* $\mu_{II} = +1$ *en* $\sigma_I = \sigma_{II} = 1$ *(zie inzet).*

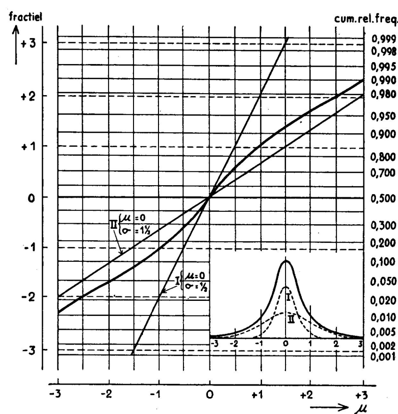


Fig. 6. *Leptokurtische verdeling, ontstaan door superpositie van twee normale verdelingen (I en II) met* $\mu_I = \mu_{II} = 0$ *en* $\sigma_I = 0{,}5$ *en* $\sigma_{II} = 1{,}5$ *(zie inzet).*

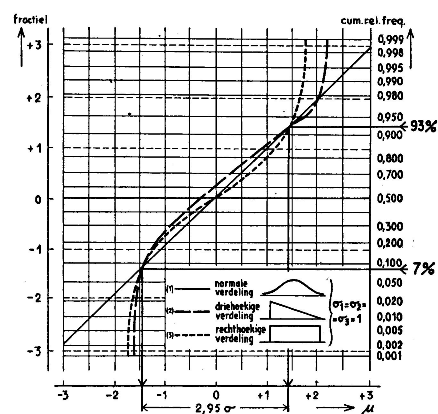


Fig. 7. *Van deze drie verdelingen is het 7de percentiel samengelegd. Het gemiddelde van de scheve driehoekige verdeling valt niet samen met de mediaan.*

Het is gemakkelijk om in verband met dit gebruik van waarschijnlijkheidspapier naast de fractie- of procentuele schaal tevens een u-schaal te plaatsen.

In figuur 4 zijn de schattingen uitgevoerd voor de gegevens van figuur 1. We lezen hierop af een gemiddelde van 13,42 mm en een standaarddeviatie van (13,63 — 13,19) : 4 = 0,11 mm.

In dit verband wordt er op gewezen, dat er klaarblijkelijk een direct verband bestaat tussen de helling van de lijn en de grootte van de standaarddeviatie.

Indien de verdeling welke men onder handen heeft, niet normaal is, zal men niet goed een rechte lijn kunnen aanpassen. Om een indruk te geven van enkele mogelijkheden welke zich daarbij voordoen, zijn in figuur 5 en 6 voorbeelden gegeven van een „te slanke" z.g. *leptokurtische* en een „te stompe", z.g. *platykurtische* verdeling.

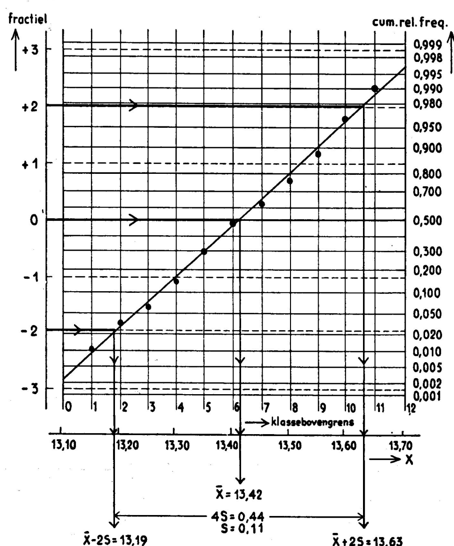


Fig. 4. *Schatting van gemiddelde en standaarddeviatie met behulp van normaal waarschijnlijkheidspapier (gegevens van figuur 1c).*

(„te slank" en „te stomp" is hier bedoeld ten opzichte van een normale verdeling met gelijk gemiddelde en standaarddeviatie.)

Voorts is gebleken, dat van enige extreme gevallen als de rechthoekige en de driehoekige verdeling de afstand tussen het 7de en 93ste percentiel evenals bij de normale verdeling 2,95 σ bedraagt (zie figuur 7). Indien men vermoedt dat men met niet-normale verdelingen te maken heeft, verdient het dus zeker aanbeveling de schatting van de standaarddeviatie via deze twee percentielen uit te voeren. De schatting van het gemiddelde is voor scheve verdelingen langs deze weg niet juist.

Onregelmatigheden in de staarten van empirische verdelingen ten gevolge van steekproefschommelingen in de frequenties kunnen vaak zo groot zijn, dat het in de praktijk beter is de punten buiten 1 en 99 % voor de aanpassing van de rechte buiten beschouwing te laten.

In de praktijk verdient het aanbeveling om het aantal waarnemingen per reeks (n) zodanig te kiezen, dat men zonder veel rekenwerk kan overgaan op relatieve frequenties, dus bijv. n = 100, 200, 500 of 1000.

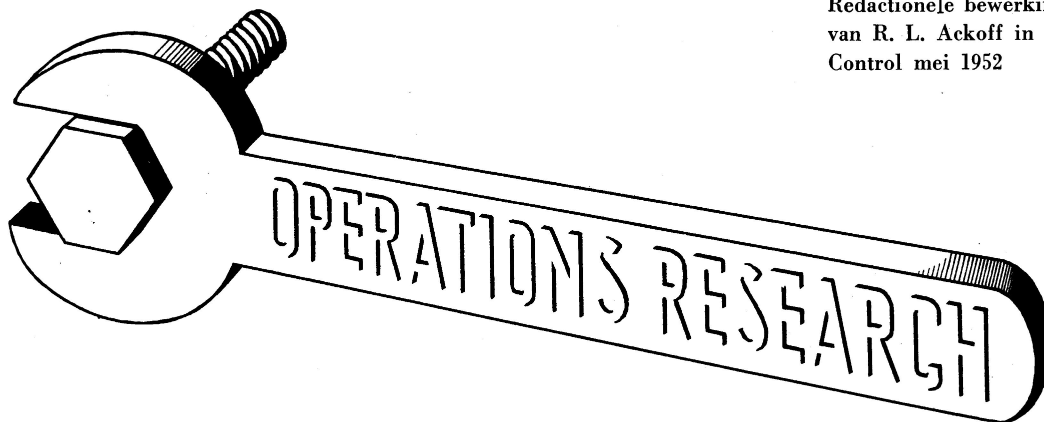
Samenvattend kan worden gezegd dat waarschijnlijkheidspapier een hulpmiddel is waarmee snel, met redelijke nauwkeurigheid en zonder veel rekenwerk de normaliteit van een verdeling kan worden nagegaan en een bruikbare schatting kan worden verkregen van gemiddelden en standaarddeviaties van grote waarnemingsreeksen.

LITERATUUR

Exalto, L. J. H., „Gebruik en toepassing van waarschijnlijkheidspapier", Statistica, jaargang IV (1950), p. 121-128.

Ferro, H., „Grafiekenpapier", Statistica, jaargang VIII (1954), p. 123-154.

Redactionele bewerking van een artikel van R. L. Ackoff in Industrial Quality Control mei 1952



Tool for management II

Het vorige artikel over OR (no. 2, 1956, pag. 34) werd besloten met een opsomming van een vijftal principes, dat voor operations research belangrijk is. Op een aantal van deze principes zal in dit artikel nader worden ingegaan.

Het meet-principe

De nadruk die op het *meten* wordt gelegd is kenmerkend voor de meeste beschouwingen over OR. Dit accent mag enigszins vreemd lijken in het licht van het feit dat de exacte wetenschap *altijd* getracht heeft waar mogelijk te meten en, indien meten niet mogelijk is, dit mogelijk te maken. De wetenschap heeft reeds lang onderkend dat kwantitatieve gegevens in een veel ruimer gebied bruikbaar zijn dan kwalitatieve gegevens. Wat voor nieuws schuilt er dan in dit principe?

In het principe zit niets nieuws, maar wel in de wijze waarop het wordt toegepast. OR tracht bewust en weloverwogen nog niet kwantitatief meetbare gebieden binnen te dringen.

Allereerst die gebieden waar *gezond verstand* — dat in 't algemeen kwalitatief van karakter is — tot nu toe voldoende scheen te zijn. Gedurende de laatste oorlog bijv. ontstonden noodtoestanden, die de ontoereikendheid van gezond verstand aantoonden in vele gebieden waarin men meende dat het voldoende toereikend was. Met name had men het altijd als een kwestie van gezond verstand beschouwd — indien men stond voor het probleem van een beslissing welke van twee apparaten het beste voor een zeker doel geschikt was — dat men het beste de mening kon vragen van degenen die ervaring hadden in het gebruik van beide apparaten. Men had gedurende de oorlog redenen om aan deze veronderstellingen te twijfelen. Het Franklin Institute in Philadelphia begon een serie experimenten teneinde het verband te bepalen tussen zulk soort uitgesproken voorkeur en de werkelijke prestatie betreffende een bepaalde apparatuur bij de marine (6). Zowel de voorkeur als de prestatie werden aan metingen onderworpen. Meermalen vond men voorkeur en prestatie met elkaar in tegenspraak.

OR tracht dergelijke soort aannamen op te sporen en hen te onderwerpen aan een kritische beoordeling in kwantitatieve zin. Het tracht het aantal op gezond verstand gebaseerde aannamen waarop men moet steunen, te minimaliseren.

Voordat wij van dit punt afstappen, dient nog één moderne statistische ontwikkeling te worden genoemd. Er zijn technieken ontwikkeld voor het meten van het verband tussen twee of meer series kwalitatieve gegevens (7). Veronderstel bijv. dat twee controleurs tien uit één produktieproces afkomstige exemplaren van een produkt moeten rangschikken in volgorde van kwaliteit, waarbij deze controleurs aangewezen zijn op een kwalitatieve beoordeling. Het resultaat zou er als volgt kunnen uitzien:

Volgorde bij 1e. controleur	Volgorde bij 2e. controleur
1	4
2	7
3	2
4	10
5	3
6	6
7	8
8	1
9	5
10	9

Dit betekent dat exemplaar no. 1 door de ene controleur als eerste en door de andere als vierde werd gerangschikt, enz.

Door middel van eenvoudige berekening kunnen wij de mate van overeenstemming tussen deze rangschikkingen bepalen, welke in dit geval statistisch niet significant blijkt te zijn.

Een dergelijke maatstaf, toegepast op kwalitatieve gegevens, wijst er op dat de beoordelingen niet met elkaar

overeenstemmen, hoewel de beschouwde objecten dezelfde zijn.
OR gaat brutaalweg gebieden te lijf, waar kwantificeren erg moeilijk is omdat er schijnbaar „te veel" variabelen zijn om te kunnen hanteren of onder controle te houden. OR verkent nieuwe wiskundige en statistische technieken teneinde vat te krijgen op problemen die door hun ingewikkeldheid anderen mogelijk afschrikken. OR houdt niet vast aan het 19e eeuwse „ideale experiment": één onafhankelijk veranderlijke met één afhankelijk veranderlijke, en alle andere constant gehouden. Bij de toepassing van een statistische methode als de „variantie-analyse" (8) met een nieuwe rekenmachine als de Univac, is het bijv. mogelijk een probleem te bestuderen met tot maximaal honderd variabelen en de wisselwerkingen te bepalen tussen iedere mogelijke combinatie van deze variabelen. Tot voor een paar jaar geleden was een dergelijke complexe analyse ondenkbaar.
Niet alle middelen waarvan OR zich bedient zijn zo complex. Zo werden wij bijv. onlangs voor het probleem gesteld de waarden van een kans te berekenen, die werden voorgesteld door een zeer ingewikkelde integraal. Een benadering van de berekening van deze vorm voor ieder stel waarden van de variabelen kostte ongeveer een man-dag. Door gebruik te maken van circulair waarschijnlijkheidspapier kon de oplossing voor ieder stel waarden door één man in ongeveer 15 minuten worden bepaald. OR heeft veelvuldig gebruik gemaakt van steekproefmethoden, teneinde het analyseren van problemen en het voorspellen te vereenvoudigen. Velen van ons zijn tot het inzicht gekomen dat veel industrieën en bedrijven niet zozeer gekweld worden door een *gebrek* aan gegevens dan wel door een *teveel* aan ongecoördineerde informatie. Steekproefsystemen verminderen niet alleen de kosten van het verzamelen van gegevens, maar verschaffen samenhangende methoden voor het presenteren van gegevens, zodat deze snel toegankelijk zijn voor de topleiding.

Zo is het in sommige industrieën bijzonder kostbaar en onhandig dagelijkse schattingen van de winst te baseren op de volledige comptabele gegevens, maar er bestaan meestal steekproeftechnieken die veel goedkoper zijn en tegelijkertijd een betrouwbare schatting geven van de nauwkeurigheid (9).

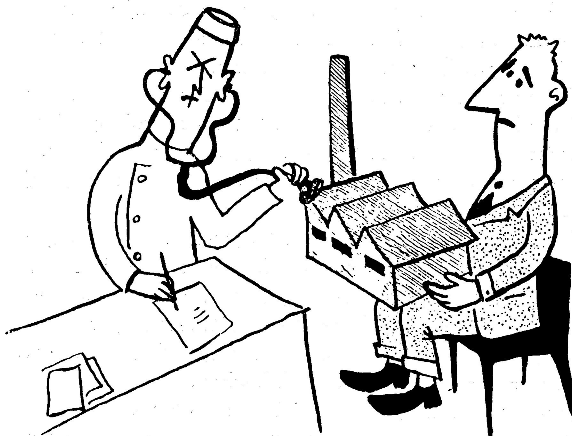
Het operationele principe

Gedurende het grootste deel van de 19e eeuw was de wetenschappelijke opvatting over de natuur in wezen statisch. De geleerden stelden belang in momentopnamen van kleine onderdelen van de natuur. Heden ten dage nemen de speurwerkers doorlopend films op van een zo groot mogelijk gebied als de lens toelaat.
Het gevolg is dat de meeste nieuwe ideeën in de wetenschap meer dynamisch en synthetisch zijn dan statisch en analytisch.

Wij bestuderen meervoudige wisselwerkingen tussen vele delen en groepen van samenstellende delen in de fysische en sociale wetenschappen. Wij worden ons steeds meer bewust van het nut van het toepassen van deze geestelijke instelling op zowel praktische als theoretische problemen. OR heeft welbewust deze dynamische instelling toegepast bij de bestudering van de handelingen die worden verricht door mens en machine. OR bepaalt zich niet tot eenvoudige actie-reactie of impuls-antwoord situaties, maar houdt zich bezig met complexe wisselwerkingen tussen enkeling en groep.
OR streeft niet naar geïdealiseerde vereenvoudigde abstracties van de werkelijkheid; het wenst zich te meten met de werkelijkheid in al zijn samengesteldheid.
Een dramatische illustratie van dit punt vormen de militaire toepassingen van OR. Men kan bij het gebruik van elke militaire taktiek of strategie verwachten dat de vijand hierop reageert.
Deze reactie wordt „tegenmaatregel" genoemd. Wij, anderzijds, wensen vooruit te lopen op deze reactie en hiermee bij onze plannen rekening te houden. Wij doen dit meestal door de operaties zo te kiezen dat mogelijke tegenmaatregelen kunnen worden opgevangen. Dit betekent dat een taktiek of strategie niet als iets statisch maar als dynamisch moet worden beschouwd. Alle mogelijke reacties van de vijand moeten mee in het probleem betrokken worden, en dus ook in de oplossing.

Het terugkoppelings-principe

Speurwerk wordt meestal geleid zoals een paardenrace. Er is een startlijn, een af te leggen baan, en een lint bij de finish. Er is één start, één spurt en één finish en — zoals in een werkelijke race — geen samenwerking tussen de mededingers.
Misschien is dit een geforceerde vergelijking, maar hij heeft zijn nut bij het accentueren van onze gewijzigde opvatting van wetenschappelijk onderzoek. Wij beginnen research te beschouwen als een continu proces, een steeds voortgaand proces dat niet wint en niet verliest na een uitputtende inspanning van krachten. Dat wil zeggen, wij beginnen research te zien als een communicatieproces, dat het bijzondere verband van de zogenaamde feed-back of terugkoppeling in zich sluit. Beschouwen wij een eenvoudig voorbeeld van een terugkoppelingsproces: de gebruikelijke thermostaat, die de verwarmingsinstallatie in de huizen regelt. De temperatuur in de kamer daalt en beïnvloedt de thermostaat. De respons van de thermostaat beïnvloedt de verwarmingsinstallatie en deze op zijn beurt verhoogt de kamertemperatuur. De thermostaat reageert dan in tegengestelde richting en beïnvloedt het



Een opdrachtgever komt met een probleem



Allen die er bij betrokken zijn

verwarmingssysteem op tegengestelde wijze, waardoor de gewenste kamertemperatuur steeds meer benaderd wordt. In werkelijkheid hebben we hier te maken met een cyclische informatiestroom. Een dergelijke informatiestroom behoort deel uit te maken van ieder onderzoek. OR erkent dit feit en handelt er naar.
Een opdrachtgever komt met een probleem. De onderzoeker begint met het ontwerpen van een methode voor het verkrijgen van een oplossing. Deze ontwerpbezigheden dwingen de opdrachtgever een duidelijker probleemstelling af, welke verheldering weer wijzigingen in het onderzoekprogramma noodzakelijk maakt. Dit ontwerp is voorlopig en ontwikkelt zich als vanzelf door de wisselwerking tussen de verschillende beslissingen van de verschillende medewerkers aan het onderzoek. Zo ontstaat het plan voor een onderzoek en dit wordt — eerst meestal op kleine schaal — tot uitvoering gebracht. Dit betekent niet het slot, want het onderzoek zelf beïnvloedt het proces dat wordt bestudeerd. Deze invloeden worden onderzocht en beschreven. Zij geven aanwijzingen voor veranderingen in het onderzoekprogramma, wat opnieuw leidt tot wijzigingen in de processen.
Zo is er dus een stroom van informatie en actie van onderzoek naar proces. Door dit terugkoppelingsprincipe nadert men steeds dichter tot de gewenste resultaten. De oplossing wordt door het researchprogramma stapsgewijze benaderd.
Een enkele analogie moge dit aspect van OR nog verduidelijken. Beschouwen wij daartoe een sociaal vraagstuk, dat door de overheid bij de wet geregeld moet worden. Deze wetgeving vereist een uitvoerend programma. Dit programma, zoals het wordt uitgevoerd, wordt eventueel beoordeeld door de rechtbanken.
Deze rechtskundige beoordelingen leiden eventueel tot een wijziging van de wetgeving, waardoor opnieuw een cyclus wordt begonnen.

Of, om nog een ander voorbeeld te geven, bij het fabricageproces worden specificaties voor het produkt opgesteld (wetgeving of ontwerp). Men construeert de machines en begint met de bewerking (uitvoering of toepassing). Door middel van een kwaliteitscontrole beoordeelt men de resultaten (gerechtelijke- of kwaliteitsbeoordeling).
Afhankelijk van deze beoordeling wordt wijziging gebracht in hetzij de specificaties of het produktieproces of in beide, en van dan af wordt de methode van kwaliteitscontrole veranderd; enzovoorts totdat een bevredigend produkt wordt gefabriceerd.
De terugkoppeling tussen de verschillende fasen van OR brengt een intensieve uitwisseling van gegevens met zich mee tussen allen die bij het probleem en de oplossing ervan betrokken zijn. Deze betrokkenen zijn niet alleen de onderzoekers; bij OR dringt men aan op een openhartig en veelvuldig contact tussen de leiders van het onderzoek, de topleiding van het bedrijf en allen die belang hebben bij het onderzoek.
OR tracht los te komen van de werkwijze waarbij bijv. een centrale instantie aan het researchlaboratorium schriftelijk bepaalde inlichtingen vraagt; het hoofd van het laboratorium geeft de vraag door aan een specialist, die op zijn beurt een opdracht geeft aan een technicus en vervolgens een statisticus vraagt om de resultaten te analyseren. Het antwoord dat langs de ladder omhoog wordt doorgegeven aan de centrale instantie heeft vaak weinig of niets te maken met de gevoelde noodzaak waaruit de vraag voortkwam. Om deze reden is OR ingesteld op teamwork, waarbij alle belanghebbenden en betrokkenen het onderzoekprogramma gezamenlijk kunnen bespreken. Dit was een van de belangrijkste factoren bij de militaire successen van OR. De OR-werker had vrij toegang tot en direct contact met militair personeel van alle rangen. De OR-werker was hierbij niet gebonden en kon de medewerking verkrijgen van de soldaat in de frontlinie evenals van de commandovoerende generaal. OR dient het gehele terrein van militaire of industriële handelingen in zijn beschouwingen te betrekken.

(Slot volgt.)

Literatuur

6. E. S. Krendel, The Design of Tracking Devices with Regard to Human Requirements, prepared for the Working Group on Human Bihavior under Conditions of Military Service, Dept. of Defense, Research and Development Board, June 30, 1951.
7. M. Kendall, Rank Correlation Methods, Griffin and Co. Ltd. 1948.
8. R. A. Fisher. The Design of Experiments, Oliver and Boyd, 1937; W. G. Cochran and G. M. Cox, Experimental Designs, John Wiley and Sons, Inc. 1950; H. B. Mann, Analysis and Design of Experiments, Dover Publications, Inc. 1949.
9. W. E. Deming, Some Theory of Sampling, John Wiley and Sons, Inc. 1950.

Procesnauwkeurigheid bij metaalbewerkingen III

Spuitgieten.

door Ir. K. W. van Gelder
Staffunctionaris bij de Metaalwarenfabriek van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

Inleiding

Aansluitend aan een vorig artikel over een nauwkeurigheidsonderzoek van een verspanende bewerking (zie Sigma 1956, no. 3) zal in het volgende iets verteld worden over de nauwkeurigheid van het spuitgietproces.

Bij deze bewerking wordt een vloeibare metaallegering met grote kracht in een metalen vorm — de matrijs — gespoten (zie figuur 1).

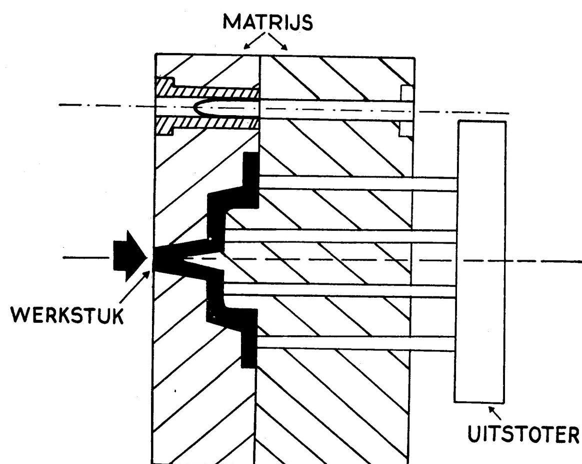


Fig. 1. Bij spuitgieten wordt het gesmolten metaal met zeer grote snelheid in een metalen vorm gespoten.

Het produkt wordt met behulp van een „uitstoter" uit de matrijs verwijderd.

Het spuitgieten is voor werkstukken met een ingewikkelde vorm een zeer aantrekkelijke fabricagemethode, omdat het produkt in een zeer gave vorm uit de matrijs komt; hierdoor kunnen nabewerkingen tot een minimum beperkt blijven. Of een bepaald produkt als spuitgietwerk kan worden uitgevoerd hangt o.a. af van de nauwkeurigheid van het proces ten opzichte van de gestelde maattoleranties. Teneinde een dieper inzicht in de toepassingsmogelijkheid van dit proces te verkrijgen werd van enige produkten systematisch onderzocht, welke spreidingen optraden.

Het onderzoek betreffende de spreiding in gatdiameter

Het onderzoek in de metaalwarenfabriek van Philips' had betrekking op een werkstuk van een siluminlegering, dat in rozetten van vier stuks tegelijk gespoten werd (zie figuur 2).

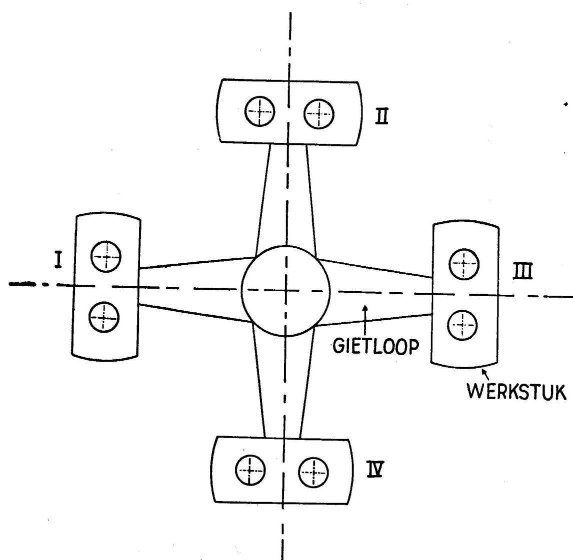


Fig. 2. Spuitgietrozet met vier matrijsholten. De vier werkstukken worden via het centrale toevoerkanaal gelijktijdig gespoten.

Het gietstuk bevat twee gaten met een diameter van ca. 3,5 mm. Bij het onderzoek werd een ana-

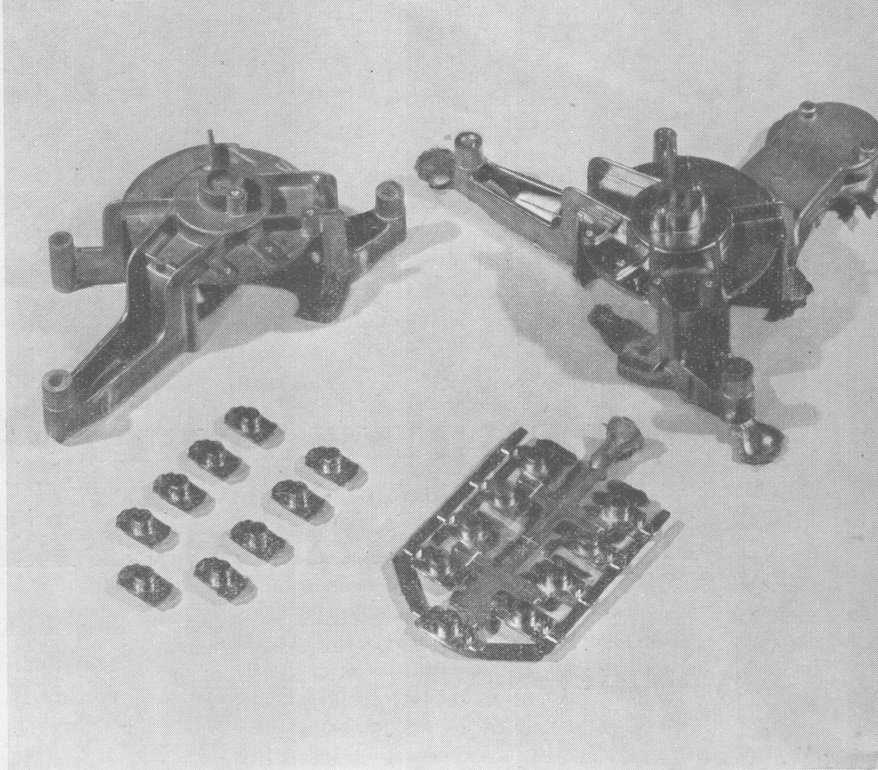


Fig. 5. Twee voorbeelden van spuitgietprodukten. De rechterzijde van de afbeelding toont de produkten, zoals zij uit de matrijs komen. Links ziet men dezelfde werkstukken, nadat zij ontdaan zijn van de toevoerkanalen enz. In één charge worden negen busjes tezamen gespoten.

lyse gemaakt van de spreiding in de diameter van één dezer gaten en van de onrondheid van dit gat. In de vormkaart * van figuur 3 zijn de individuele meetresultaten, voor 20 werkstukken per gietholte, weergegeven. De grootste en de kleinste diameter per gat zijn daarin aangegeven als de uiteinden van een verticale lijn. Het midden van deze lijn stelt de gemiddelde diameter van het gat voor. Zo is bijv. de gemiddelde diameter van het eerste werkstuk van gietholte I 4.000 mm; de onrondheid van het gat bedraagt 18 μ (4,009—3, 991).

Uit een beschouwing van de figuur blijkt dat de diameters van de produkten, die in één holte zijn gegoten, een constant niveau hebben. Tussen de produkten der vier holten onderling bestaan echter grote verschillen. De standaarddeviatie van de gemiddelde diameter van elke holte, die berekend is uit de gemiddelde range van groepjes van vier stuks, bedraagt ca. 1 μ; het verschil in procesgemiddelde tussen de holten onderling is daarentegen van de orde van 100 μ. Daar voor iedere gietholte afzonderlijk het proces binnen nauwe grenzen reproduceerbaar is wijzen deze verschillen op afwijkingen in de diameters van de gatkernen in de matrijzen.

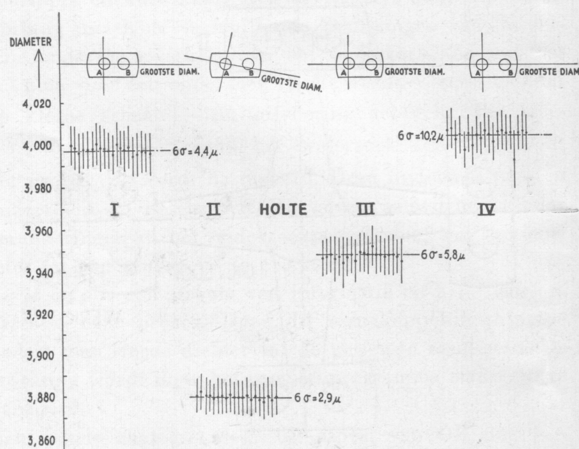


Fig. 3. Vormkaart voor de onrondheid en diameter van gat A (ø 3,5 mm nominaal, 20 werkstukken per gietholte). De onrondheid blijkt voor de verschillende matrijzen vrijwel gelijk te zijn. Er bestaat evenwel een groot verschil in de gemiddelde gatdiameter per matrijsholte.

* De vormkaart is uitvoeriger besproken in het artikel over profileren in Sigma 1956 no. 3, pag. 50.

Bij een nadere beschouwing van de onrondheid bleek de grootste diameter van gat A — evenals die van B — een uitgesproken voorkeursrichting te bezitten. Boven aan figuur 3 is deze voorkeursrichting voor elk der gietholten weergegeven, en verloopt globaal in de richting AB. Uit de constante, doch systematisch optredende, onrondheid, gecombineerd met de gevonden voorkeursrichting volgt een aanwijzing over de oorzaak van dit effect; het dient toegeschreven te worden aan een krimpverschijnsel. De delen van het produkt, gelegen tussen A en B krijgen gelegenheid om te krimpen, de delen links van A — en rechts van B — worden door de kernen vrij sterk gehinderd in hun krimp. Hierdoor worden de gaten tegen de kernen als het ware onrond getrokken.

Onderzoek naar de spreiding in de buitenmaten

Niet alleen voor binnenmaten maar ook voor buitenmaten van het werkstuk is een dergelijk onderzoek verricht waarvan de resultaten zijn weergegeven in figuur 4.

Hoewel de procesgemiddelden der afzonderlijke holten sterk verschillen (ca 20 μ is het proces per holte beheerst; de standaarddeviatie bedraagt ongeveer 2 μ hetgeen wijst op een goede reproduceerbaarheid van het proces. Het verschil tussen de procesgemiddelden onderling wijst op maatafwijkingen tussen de gebruikte matrijsholten.

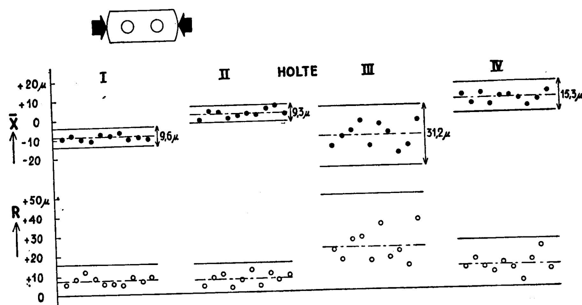


Fig. 4. Van veertig werkstukken van elk der vier gietholten is de uitwendige maat van ieder exemplaar gemeten. De figuur geeft de resultaten in de vorm van een controlekaart voor procesgemiddelde $\bar{x}$ en range R. De getrokken lijnen stellen de regelgrenzen voor van resp. $\bar{x}$ en R (steekproefgrootte n = 4).

Holte III vertoont een afwijkend beeld; de standaarddeviatie is hier een factor 2 à 3 maal zo groot als bij de andere gietholten. Een nadere verklaring van de oorzaak van dit verschil in spreiding valt buiten het kader van dit artikel, doch heeft technisch een duidelijke betekenis en bevat een aanwijzing hoe hierin verbetering kan worden gebracht.

Conclusies:

— Uit het voorgaande blijkt dat bij het behandelde spuitgietproces aanzienlijke verschillen optreden tussen produkten afkomstig uit verschillende holten der matrijs. Voor elk der holten is het procesgemiddelde bestendig (zie ook tabel II in het artikel van H. J. Landman, Sigma 1956, no. 1, pag. 13).

In de beschouwde gevallen varieert de procesnauwkeurigheid per holten tussen 6 en 15 μ.

— Krimp in het werkstuk veroorzaakt enige vormonnauwkeurigheid.

— Door het beschreven onderzoek is het inzicht in het spuitgieten aanzienlijk verdiept. Het leidt daardoor o.a. tot een betere voorspelbaarheid van de produktmaat in verband met matrijsmaat, krimp, enz.

Dit houdt een aanzienlijke winst in voor de toekomst; de gemaakte kosten voor het onderzoek zijn daarbij vergeleken slechts gering.



BOEKBESPREKING

De steekproefmethode als hulpmiddel bij de bestudering van de bedrijfsorganisatie.

Door E. W. van Manen, A. Bakker en P. I. T. v. d. Valk. VOA-Reeks No. 2 - Vereniging Ontwikkeling Arbeidstechniek van het N.I.V.E., 2 j., 48 bl.

In de loop van de laatste 10 jaar is in tal van Nederlandse bedrijven het overtuigende bewijs geleverd van het nut van de te lang onbekend gebleven methode van *Tippett* om de tijdbesteding van een groep van mensen (of het gebruik van een aantal machines) door steekproeven vast te stellen; n.l. door de werkwijze, die bij velen bekend is als de multimomentopname en die in de nieuwe uitgave van de VOA — naar het voorbeeld van sommige amerikaanse auteurs — „steekproefmethode" wordt genoemd.

De schrijvers van De Steekproefmethode schetsen eerst de algemene achtergrond van waarnemen door middel van steekproeven, ontlenen daar bepaalde eisen aan en komen dan tot de opname-techniek. Daarbij wordt aanbevolen allereerst — afhankelijk van de gegeven omstandigheden — de periode vast te stellen waarover de waarnemingen zich ten minste zullen uitstrekken. Dit blijkbaar, omdat vaak moet worden verwacht dat er geen kwestie is van een enkelvoudig „beheerst proces": alleen wanneer waargenomen wordt tijdens een periode van enkele weken, mogen in vele gevallen betrouwbare uitkomsten worden verwacht.

De auteurs bevelen aan dat de tijdstippen van waarneming zo „toevallig" mogelijk zijn en geven met het oog daarop een tabel van toevalscijfers.

Met nadruk wordt gewezen op het belang van een goede voorbereiding alvorens tot het doen van waarnemingen wordt overgegaan: o.a. het inlichten van het toezichthoudende personeel en de voorlichting van de arbeiders vragen de nodige zorg.

De schrijvers ontkennen de mogelijkheid, maar ook de noodzaak van het schatten van de arbeidsintensiteit (of de „prestaties" of het „tempo") tijdens de waarnemingen.

De laatste hoofdstukken van het boekje behandelen de voordelen van de beschreven methode (vergeleken met de normale tijdstudie) en een uitgewerkt voorbeeld.

Tenslotte wordt in een aantal bijlagen nader ingegaan op de statistische achtergrond, het gebruik van toevalscijfers en de keuze van het aantal waarnemingen in verband met de gewenste nauwkeurigheid van de vast te stellen percentages, per soort van werkzaamheid.

De lezer, die (onbekend met het behandelde onderwerp) het boekje met zorg bestudeert, zal zeker tot toepassing in de praktijk kunnen overgaan, zonder dat gevreesd behoeft te worden voor misstappen.

De bijlagen zullen degenen, die in het geheel niet statistisch georiënteerd zijn, wel moeilijkheden kunnen opleveren, maar dat is helaas min of meer onvermijdelijk.

Bij de kritische lezer komen hier en daar vragen op. Mogen bij de precisie, waarmee het vereiste aantal waarnemingen wordt becijferd, enerzijds de te *bereiken* nauwkeurigheid en anderzijds de nog al eens twijfelachtige toepasbaarheid van een binomiale verdeling, geheel buiten beschouwing blijven?

Voor een volgende druk zou ook kunnen worden aanbevolen dat enige aandacht wordt besteed aan andere dan de beschreven waarnemingsmethoden, aan het berekenen van „toeslagpercentages" voor het bepalen van tijdnormen en aan de vraag wanneer de „steekproefmethode", en wanneer de normale tijdstudie (overigens feitelijk óók een steekproefmethode!) de voorkeur verdient.

Dit neemt echter zeker niet weg, dat het verheugend is, dat de A.K.U. deze verhandeling aan de VOA ter publikatie heeft afgestaan; wij bevelen haar gaarne ter lezing aan.

Dr. Ir. J. R. d. J.

Een nauwkeurig tarief

Statistiek als hulpmiddel bij tarifiëren



door A. H. Dumkopf,
medewerker van het
Raadgevend Bureau Ir. B. W. Berenschot N.V.

Inleiding

Zittende bij een gezellig brandende haard zal men zich in de regel niet afvragen welke bewerkingen er nodig zijn geweest om sommige gietijzeren haarddelen te voorzien van een mooie gladde laklaag. Nog minder zal men zich realiseren dat zich daarbij statistische problemen voordoen. Dit laatste is echter wel het geval en doet zich voor bij de tarifiëring van het z.g. „motten". De verklaring van de curieuze naam voor deze bewerking is de volgende.

De gegoten onderdelen van de haard worden geslepen; daarbij komen de in het materiaal aanwezige gaatjes aan het licht. Deze zijn voor de leek vrijwel onzichtbaar, doch na de nabewerking (zandstralen!) en het lakken zijn ze goed waarneembaar.

Hoewel de werking van de haard er niet in het minst door wordt beïnvloed acht de fabrikant dergelijke afwijkingen in de laklaag ontoelaatbaar. Daarom worden de gaatjes weggewerkt door ze als het ware op te vullen. Deze bewerking staat in de fabriek bekend als het „motten". Het motten geschiedt in drie stappen:

1ste stap: gaatjes opboren met een 1,8 mm boortje (zie figuur rechts boven).

2de stap: de opgeboorde gaatjes opvullen door het klinken van korte klinknageltjes (zie figuur 2). De klinknagels steken nu boven het oppervlak uit.

3de stap: de uitstekende delen worden nu door middel van slijpen verwijderd. Hierbij wordt tevens het gehele oppervlak met een fijner slijpmiddel bewerkt.

Hoeveel gaatjes?

Op zekere dag krijgt de arbeidsanalist van het bedrijf de opdracht te onderzoeken in hoeverre het mogelijk is tarieven op te stellen voor het motten. Daartoe zijn enige „verkennings"-tijdstudies nodig. Deze tonen aan dat:

- voor het boren en klinken de tijdnorm per gat vrijwel constant is
- het aantal motgaatjes op soortgelijke onderdelen, bijv. op de kleppen, sterk varieert
- op onderdelen met een groot slijpoppervlak waarschijnlijk meer motgaatjes voorkomen dan op onderdelen met een klein slijpoppervlak.

Nu is één van de uitgangspunten bij het vaststellen van tarieven dat slechts kleine variaties in het weekloon mogen optreden. Daarnaast moet het tarief — terwille van de eenvoud — zijn gebaseerd op gemakkelijk te verzamelen bedrijfsgegevens.

In ons geval zou men het tarief gemakkelijk kunnen koppelen aan de z.g. motnageldichtheid, dat is het aantal motnagels dat per dm² slijpoppervlak voorkomt. Daar dit aantal op kleppen, deuren, fronten, etc. nogal uiteenloopt heeft het zin de motnageldichtheid te bepalen voor de natuurlijke produktie-eenheid (de haard). Het zal nu duidelijk zijn dat deze motnageldichtheid n als volgt kan worden berekend:

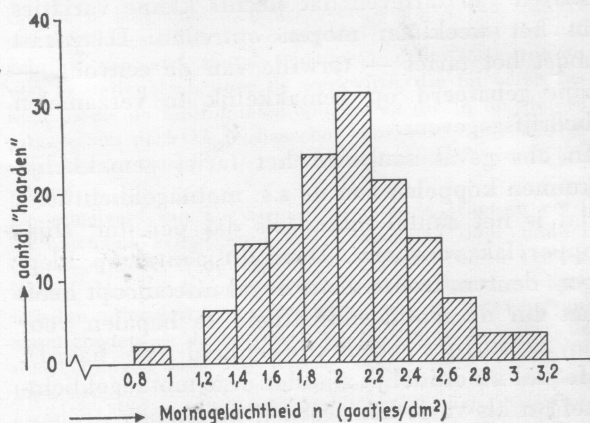
$$n = \frac{\text{aantal motgaatjes per haard}}{\text{slijpoppervlak (in dm}^2\text{) per haard}}$$

Indien men het tarief koppelt aan deze motnageldichtheid rijst de vraag of een dergelijk

tarief voldoende nauwkeurig is [1]). De nauwkeurigheid van het tarief is namelijk in hoge mate afhankelijk van de spreiding in de grootheid n. Het is daarom zaak eerst een onderzoek naar deze spreiding te verrichten. Daartoe werd met behulp van een aantal steekproeven, ter grootte van 10 complete haarden, nagegaan hoe de motnageldichtheid varieerde. Zo werden 14 series van 10 haarden onderzocht. Voor elk der 140 haarden werd het aantal motgaatjes geteld. Deze gegevens werden omgerekend in een aantal motgaatjes per dm^2. De frequentieverdeling van de motnageldichtheid is in figuur 3 weergegeven.
De gevonden verdeling blijkt de normale verdeling sterk te benaderen. Voor de behandeling hoe dit op eenvoudige wijze met behulp van normaal waarschijnlijkheidspapier getoetst kan worden zij verwezen naar het artikel van Dr. Veen over dit onderwerp, elders in dit nummer. Volledigheidshalve is de cumulatieve frequentieverdeling op normaal waarschijnlijkheidspapier in figuur 4 weergegeven.

De spreidingsmaatstaf

Door gebruik te maken van de eigenschappen van de normale verdeling [2]) kunnen uit figuur 4 de gemiddelde motnageldichtheid ($\overline{n}$) en de standaardspreiding (s) daarvan worden bepaald. Blijkbaar is $\overline{n} = 2{,}08$ motn./dm^2 en $s = 0{,}44$ motn./dm^2, immers bij 50 % der haarden zal $n < 2{,}08$ zijn; s volgt uit de eigenschap dat voor ca. 68 % geldt: $\overline{n} + s > n > \overline{n} - s$.
Nu geldt voor een normale verdeling dat 95 % der waarnemingen wordt aangetroffen in het gebied van $\overline{n} - 2s$ tot $\overline{n} + 2s$.



Figuur 3. Frequentieverdeling van de motnageldichtheid bij 140 haarden.

[1]) Zie Dr. Ir. J. R. de Jong: Onderzoekingen naar de nauwkeurigheid van tijdnormen voor menselijke arbeid.
[2]) Zie bijv. Sigma 1955, no. 4, pag. 91.



Figuur 2. Het klinken.

Hieruit volgt dat voor 95 % van de haarden de motnageldichtheid zal variëren tussen 2,08 — 0,88 en 2,08 + 0,88. Hiermede is het streven van de arbeidsanalist, om een gefundeerd inzicht in de motnageldichtheid te verkrijgen, bereikt.

De bereikte nauwkeurigheid der tarieven

Het tarief kan nu gebaseerd worden op het totale slijpoppervlak (= Odm^2) per haard. De tariefformule voor het boren of klinken, voor een serie van 50 haarden luidt:

$$T = 50 \, . \, O \, . \, \overline{n} \, . \, t$$

waarin

T = het tarief per serie per bewerking
t = de tijdnorm voor het boren of klinken per gat.

We nemen nu aan dat het slijpoppervlak per haard voldoende exact kan worden bepaald en voorts dat de tijdnorm voor boren of klinken zo nauwkeurig kan worden gemeten dat de onnauwkeurigheid hierin kan worden verwaarloosd. In dit geval zullen de loonschommelingen vrijwel uitsluitend bepaald worden door:

1. de *spreiding* in de motnageldichtheid en
2. door het *aantal* haarden, dat in een loonweek wordt afgerekend. Immers, hoe groter het aantal haarden, hoe meer de schommelingen in motnageldichtheid van haard tot haard zullen worden genivelleerd.

Als we aannemen dat het type haard geen invloed heeft op de motnageldichtheid dan volgt uit het voorgaande dat bij een produktie van 50 haarden per week de gemiddelde motnageldicht-

heid zal variëren tussen

$$2{,}08 - \frac{0{,}88}{\sqrt{50}} \text{ en } 2{,}08 + \frac{0{,}88}{\sqrt{50}}$$

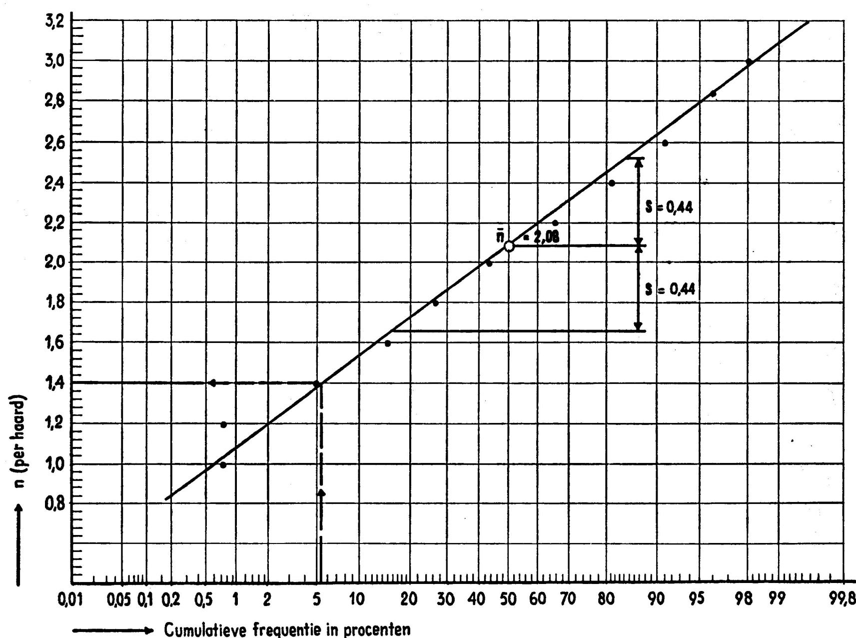
zodat deze dan ligt tussen 1,95 en 2,21 motnagels/dm^2. (zie noot 3).

Produceert een arbeider in een week 50 haarden met een gemiddelde van 1,95 motn./dm^2, dan krijgt hij hiervoor te veel uitbetaald:

$$\frac{2{,}08-1{,}95}{2{,}08} \times 100\% = 6\%$$

omdat de beloning gebaseerd is op $\bar{n} = 2{,}08$ motn./dm^2.

Zo is het ook mogelijk dat hij 6% te weinig ontvangt tengevolge van toevallige schommelingen in de motnageldichtheid.



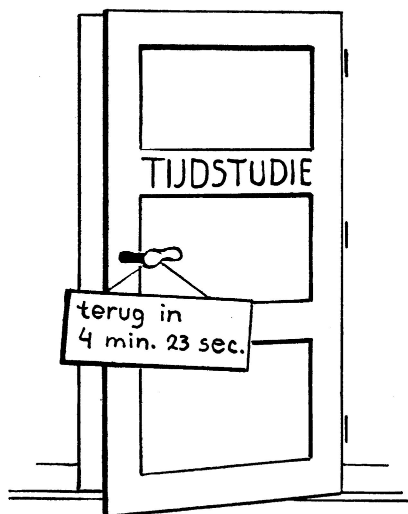
Figuur 4. De cumulatieve frequentieverdeling van de gevonden motnageldichtheid. Bij 95% der haarden zal de motnageldichtheid variëren tussen 1,20 en 2,96.

Produceert hij echter 10 van dergelijke series per week dan zal de overeenkomstige onnauwkeurigheid in het loon slechts 2% bedragen.

Conclusie

De tarifiëring van het motten is — dank zij enig inzicht in de statistiek — niet alleen mogelijk gebleken, doch ook eenvoudig uit te voeren. Een niet statistisch geschoolde arbeidsanalist zou — gezien de grote spreiding in het aantal motgaten — geconcludeerd hebben dat tarifiëring niet uitvoerbaar was.

Of hij zou in ieder geval tot een veel ingewikkelder methode zijn gekomen.



Slotopmerking

Het tarief is gebaseerd op een bepaalde situatie met een motnageldichtheid van 2,08. Indien de situatie zich wijzigt zal het tarief hieraan aangepast moeten worden. Het kan dus nodig zijn een controle in te stellen op mogelijke veranderingen in de motnageldichtheid.

Hopenlijk zal het de lezer duidelijk geworden zijn dat de toepassing van de beschreven methode niet beperkt behoeft te blijven tot de tarifiëring van het motten. Ook in andere gevallen — bijv. waar het gaat om tarieven voor reparatiewerk etc. — zal deze methodiek met vrucht toegepast kunnen worden.

[3]) Zie: Ir. A. H. Schaafsma en Ir. F. G. Willemze, Modern kwaliteitsbeleid, Hoofdstuk 8.

Van vragen wordt men wijzer

Van één van onze lezers ontvingen wij de volgende vraag: „Gaarne zouden wij onze ingangscontrole betreffende plaat-, staaf- en draadmateriaal op een betere basis willen opbouwen dan momenteel het geval is. Nu nemen wij één of twee monsters, die in de praktijk gewoonlijk geen werkelijke „steekproeven" zijn; bij de verwerking van de materialen blijkt dat soms overduidelijk!

De gewone steekproeftabellen (J. A. N.; Philips' SSS, enz) zijn bij deze controle niet toepasbaar. Zijn U voor de beschreven situatie keuringsvoorschriften bekend? Of is het bekend hoe men deze voorschriften zou moeten opstellen?" Suggesties van lezers voor de beantwoording van de gestelde vraag zijn zeer welkom. In het octobernummer zal de vraag beantwoord worden.

Redactie.



Cleveland juni 1956

Geachte Sigma-lezers

U herinnert zich misschien het bezoek van Professor Clifford aan Europa en de conferentie in Parijs, die vorig jaar naar aanleiding van dit bezoek werd gehouden. Een gevolg van deze conferentie en van de activiteiten van Professor Clifford is dat één van Uw redactieleden zich thans in de Verenigde Staten bevindt als lid van een Europees team, dat tot doel heeft bestaande trainingsmethoden op het gebied van kwaliteitscontrole in de Amerikaanse industrie te bestuderen. Daarnaast zal het team zich op de hoogte stellen van de frequentie waarmee bekende — en mogelijk ook nieuwe — statistische technieken worden toegepast. Hiertoe worden gedurende tien weken bezoeken gebracht aan fabrieken, overheidsinstanties en universiteiten.

Daar in de meeste landen van Europa de universiteiten het middelpunt zijn van activiteit op het gebied van de industriële statistiek bestaat het team hoofdzakelijk uit professoren, leraren en assistenten uit de academische sfeer. In Nederland echter is deze activiteit begonnen in de industrie zelf; de huidige centra van activiteit zijn de Vereniging voor Statistiek, enkele adviesbureau's en de Kwaliteitsdienst voor de Industrie. Dit feit is weerspiegeld in de samenstelling van het team; immers de twee Nederlandse deelnemers zijn adviseurs en staan buiten academisch verband. De andere Nederlandse deelnemer is n.l. de heer P. Slors, werkzaam bij de Firma Bakkenist, Spits & Co.

Na een bijeenkomst bij de O.E.E.C. te Parijs, waar de leden elkaar voor het eerst ontmoetten, werd de reis gemaakt met de Queen Elisabeth. Gedurende de eerste week in New York hadden algemene discussies plaats met de statistische „upper ten" van de V.S. Het was bijzonder interessant al die dragers van bekende namen als Juran, Dodge (die van de tabellen), Shewhart, Deming persoonlijk te ontmoeten.

Nadat enkele dagen waren besteed aan bezoek van fabrieken in de omgeving (o.a. Bell Tel. Labs en Western Electric) werd naar Washington gereisd voor een tweedaagse conferentie in het Pentagon (Ministerie van Defensie).

Het verdere programma bevat voor een aantal weken bezoeken aan fabrieken in de omgeving van Pittsburgh, Dayton, Cleveland, Syracuse, Albany, Springfield en Boston. Bovendien zullen geregeld bijeenkomsten plaats vinden met de plaatselijke secties van de American Society for Quality Control. Na deze periode gaat de reis naar Montreal in Canada, waar de jaarlijkse bijeenkomst van de A.S.Q.C. wordt gehouden die drie dagen duurt. (Wat zoudt U er van denken als wij onze Statistische Dag voortaan gedurende een paar dagen in Kopenhagen hielden?)

Na dit feest splitst de groep zich in drieën en worden aan de universiteiten in Purdue, Milwaukee en Rochester cursussen in S.Q.C. gevolgd. De laatste week tenslotte wordt door de herenigde groep besteed aan het maken van een eindrapport.

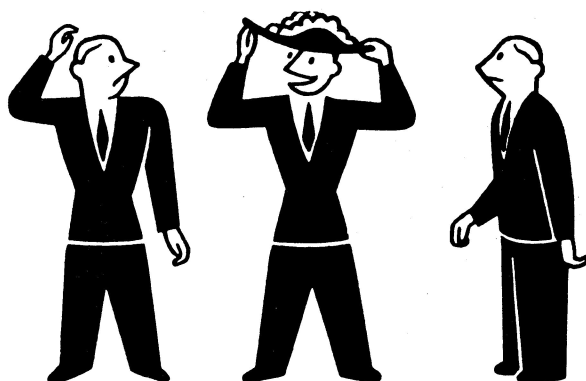
Het is in dit stadium moeilijk reeds een indruk te geven van de wijze waarop statistische kwaliteitsbeheersing in de V.S. wordt toegepast. De steekproef is nog te klein, terwijl de spreiding binnen de steekproef bijzonder groot is. We hebben fabrieken gezien met duizenden arbeiders en slechts één statisticus, en andere fabrieken met meer controlekaarten dan arbeiders.

We kregen de indruk dat er een streven is naar het vervangen van statistische efficiency door praktische efficiency. Ik bedoel dat vaak gebruik gemaakt wordt van statistisch minder efficiënte methoden (zoals van mediaan, runs e.d.) teneinde rekenfouten of onbegrip in de fabriek zoveel mogelijk te voorkomen. Human relations worden als uitermate belangrijk gezien. Er is een begin te constateren van de ook reeds in Nederland gehuldigde opvatting dat grenzen op een inspectogram niet altijd op 2 of 3 σ behoeven te liggen, maar dat risico's van de eerste en tweede soort en hun economische gevolgen hierbij een grote rol spelen, evenals de regelbaarheid van het produktieproces. Statistische kwaliteitsbeheersing behoort in de eerste plaats werkmethodeverbetering te zijn en niet slechts het administreren van kwaliteitsresultaten.

Ook in Amerika hangen de fabrieken niet vol met inspectogrammen. We hebben fabrieken gezien met een zeer grote staf van Quality Control Engineers zonder één enkel inspectogram aan te treffen. Kwaliteitscontrole wordt voor het grootste deel uitgeoefend in de vorm van „trouble shooting". Wanneer op een bepaalde plaats moeilijkheden zijn, worden tijdelijk kwaliteitsgegevens verzameld en geanalyseerd. Indien nodig worden enige experimenten uitgevoerd teneinde het proces onder gewijzigde omstandigheden te bestuderen. Analyse van deze gegevens wijst dan meestal één of andere oorzaak van de moeilijkheden aan, zodat tegenmaatregelen kunnen worden genomen. Soms wordt na de verbetering nog enige tijd een inspectogram bijgehouden, maar wanneer de moeilijkheden verdwenen zijn wordt doorgaans het inspectogram geliquideerd.

Aan voorlichting en training in de statistische kwaliteitsbeheersing wordt bijzonder veel aandacht besteed. Men beschouwt dit als één van de belangrijkste voorwaarden voor het slagen van een S.K.B.-programma. Vele bedrijven hebben dan ook eigen cursussen, terwijl andere speciale contracten hebben met de plaatselijke onderwijsinstellingen. De meeste van deze cursussen zijn zeer elementair en rijkelijk voorzien van visual aids, spelletjes e.d. en daardoor buitengewoon geschikt voor voorlichting van de man in de fabriek, die met de afdeling kwaliteitsbeheersing moet samenwerken.

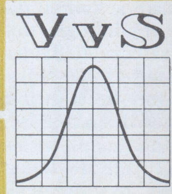
M. L. WYVEKATE.



Steekproeven . . . . . . augustus 1956.
(Met dank aan de Nederlandse Stichting voor Statistiek).

Redactie: J. W. E. Vos, math. drs.

Statistisch Nieuws



Mededelingenblad van de Vereniging voor Statistiek

Statistisch Allerlei

Is de driehoek scherphoekig?

Na het moeilijke vraagstuk van de vorige keer plaatsen wij nu eens een opgave die de meeste lezers niet erg veel hoofdbrekens zal kosten.

Een cirkelomtrek is gegeven, waarop naar willekeur drie punten worden gekozen. Wat is de kans dat de driehoek, die door deze punten wordt gevormd, scherphoekig is?

Oplossingen kunnen tot 20 september 1956 aan de redactie worden ingezonden, de beste oplosser ontvangt weer een (rechthoekige!) driehoek met een daarin uitgespaarde normale verdeling.

De voetbaltoto (II)

In een kortgeleden verschenen boek, Risk and Gambling door John Cohen en Mark Hansel (Londen, 1956), dat blijkens het voorwoord speciaal bestemd is voor hen die in de gelegenheid zijn om voetbalpoolformulieren in te vullen of om een straat over te steken, wordt een geheel andere methode aan de hand gedaan om in de toto te winnen. Deze berust hierop dat als men, uitgaande van de proefondervindelijk vastgestelde kansen op winst, verlies en gelijkspel, de uitslagen op willekeurige wijze over een serie wedstrijden verdeelt, de voetbalexperts van de dag- en weekbladen hem slechts weinig de baas zijn in het voorspellen van de juiste uitslagen. Neem nu voor het gemak aan dat de wedder uit een totaal van 60 wedstrijden er 3 moet aanwijzen die gelijk gespeeld zullen worden. Blijkens het bovenstaande zal de keus van ieder drietal ongeveer dezelfde kans hebben om juist te zijn, maar de hoogte van de prijs is niet dezelfde. Om zijn winstkansen zo groot mogelijk te maken moet men dan ook zorgvuldig vermijden de adviezen der experts te volgen en drie wedstrijden aanwijzen die volgens hen *niet* gelijk gespeeld zullen worden. Uiteraard geldt deze regel slechts zolang niet teveel mensen hem toepassen. Overigens klopt hij goed met de resultaten uit tabel 4 van het vorige artikel waaruit immers bleek dat de prijzen hoger worden naarmate het aantal verrassingen toenam, m.a.w. de wedders die van het advies afwijken slepen, zo zij winnen, de grootste bedragen in de wacht.

Statistiek een saai vak?

Gezondheidsstatistieken worden in het algemeen saai gevonden, aldus Sir Walter Russell Brain in een artikel in het British Med. J. (1953), en het is belangrijk om dit idee uit de wereld te helpen.

„Preventive medicine, aldus deze auteur, seems somehow to lack glamour. The novelist or the author of a film scenario may show you the great surgeon peeling off his rubber gloves after removing the appendix, or the psychiatrist administering to his patient an electric shock, but somehow he does not find romance in the medical officer of health bringing a typhoid epidemic to an end, or in the vital statistician studying the number of deaths from carcinoma of the lung."

Vereenvoudigde rekenliniaal

Wanneer een gewone rekenliniaal te gecompliceerd is en een rekenmachine economisch niet verantwoord is, kan een nieuwe vereenvoudigde rekenliniaal van Engels fabrikaat worden gebruikt. Deze bestaat uit een rolmaat, zoals die voor technisch en huishoudelijk gebruik bekend is, doch die in dit geval twee stalen meetlinten bevat. Een van deze linten wordt uitgetrokken tot het een bepaald getal aangeeft. Hierna wordt het lint door het indrukken van een bouton vergrendeld. Het andere lint wordt uitgetrokken tot het getal, waarmee het eerste getal moet worden vermenigvuldigd of waardoor het moet worden gedeeld. Op een rolletje verschijnt het resultaat. De meetlinten zijn 1,70 m lang, zodat in tegenstelling tot de betrekkelijk korte rekenliniaal, -schijf of -cilinder geen rekening behoeft te worden gehouden met decimalen.

(Econ. Voorl., 3 februari 1956, blz. 27)

Economische voorspellingen

In een recent artikel [1]) geeft Charles F. Roos een interessant overzicht van de methoden die de economie ten dienste staan om economische voorspellingen te doen.

Als eerste worden de „naïeve methoden" genoemd. Deze omvatten als uiterste het werpen van een munt teneinde een stijging of een daling te voorspellen, en waarbij men altijd nog in 50 % van de gevallen een juiste voorspelling doet.

Wat beter gefundeerde voorspellingen omtrent een bepaald verschijnsel verkrijgt men door op het verloop in het verleden te letten en te gaan extrapoleren met rechte lijnen of met behulp van harmonische analyse. Opgemerkt dient dat de omslagpunten, die juist het belangrijkste zijn, op deze wijze slecht worden voorspeld.

De tweede methode, die der „leidende indices" komt hieraan tegemoet door de gevraagde cijferreeks te voorspellen door middel van een andere reeks, waarvan de fluctuaties noodzakelijkerwijs fluctuaties in de eerstgenoemde reeks tot gevolg hebben, doch met een zeker tijdsverschil. Verscheidene van zulke leidende reeksen worden genoemd, waaronder prijzen van grondstoffen, de grootte der orders van kapitaalgoederen, enz.

De koersen van aandelen oefenen bijv. hun invloed uit op andere reeksen zoals de produktie-indices, doch worden op hun beurt bepaald door de orderpositie. De derde methode, die hiermee samenhangt, gaat uit van verhoudingsgetallen, zoals tussen grondstoffenvoorraden en produktie van consumptiegoederen.

Zo geeft de verhouding van het vervoer van wagenladingen per spoor tot het totale wagenpark een redelijke voorspelling van de bestellingen van nieuwe wagens, 6 maanden tot 1 jaar vooruit.

De vierde methode is die van het opinie-onderzoek bij zakenlieden, die ieder voor zich een der bovenstaande methoden naar beste weten toepassen. Aangenomen kan worden dat de naïeve voorspellingen elkander opheffen, zodat het resultaat is gebaseerd op leidende indices en de genoemde verhoudingsgetallen.

Toch zijn deze opinie-onderzoekingen niet zeer waardevol gebleken. Tenslotte komt dan de econometrische methode in aanmerking, die zoals bekend tegelijkertijd rekening houdt met alle factoren die het te voorspellen verschijnsel verklaren.

[1]) C. F. Roos, Survey of Economic Forecasting Techniques (a survey article), Econometrica *23* (1955) 363-395.

Is de vrouw van belang?

Horatio Alger jr heeft meer dan 100 boeken geschreven ten einde te bewijzen dat de vlugste manier om een hoge functie in het Amerikaanse bedrijfsleven te krijgen is de dochter van de „baas" te trouwen. Twee sociologen van de universiteit van Chicago zijn, na een onderzoek bij

8300 directeuren, echter tot de conclusie gekomen dat deze opvatting bij de mythologie thuis hoort. W. Lloyd Warmer en James C. Abegglen constateren namelijk dat de arbeiderszoon, die zijn buurmeisje heeft getrouwd en op de ladder omhoog is geklommen, in een gemiddelde van 26,1 jaar de hoogste rang in het bedrijf kan bereiken.
De jongeman die „de dochter van de baas" trouwde, bereikte die functie slechts gemiddeld 73 dagen eerder. „De vrouw kan nuttig zijn", zo zeggen ze, „maar het is de man die zijn eigen carrière maakt of breekt".

(„Newsweek", New York, 26 maart 1956)

Kruis of munt?

Het werpen met een munt is onlangs ook al geautomatiseerd door een student van de universiteit van Californië die daarvoor een speciaal toestel heeft gebouwd. Nadat het apparaat is ingeschakeld wordt iedere 10 seconden een (dollar-) kwartje in een glazen buis omhooggeworpen en „afgelezen" zodra het weer neerkomt. Dit aflezen geschiedt doordat een elektrisch contact wordt gesloten als „kruis" valt en niet wordt gesloten als „munt" valt. Daartoe moet de muntzijde worden geïsoleerd door er een stukje plakband op te plakken of haar te bedekken met een laagje vloeibaar plastic; de eerste methode is evenwel praktischer omdat het gemakkelijker te verwijderen is in geval men het kwartje voor een ander doel nodig heeft. Een rood lampje gaat branden als kruis valt en een groen lampje bij munt, bovendien worden de aantallen van elk op twee telwerken geregistreerd. Met dit apparaat zijn tal van statistische experimenten uitgevoerd. Aardig is vooral dat men er gemakkelijk een valse munt van kan maken door ook de andere zijde gedeeltelijk te isoleren. Voor demonstratiedoeleinden leent het zich zeer goed.

(The American Statistician, 10 april 1956 p. 12).

Personalia

De heer **C. A. Oomens** te 's-Gravenhage is door de Technical Assistance Administration van de Verenigde Naties uitgezonden naar Mexico om de regering aldaar behulpzaam te zijn bij het maken van een statistische studie van de economische ontwikkeling.
De heer Oomens die werkzaam is aan het Centraal Bureau voor de Statistiek en die reeds in 1955 een half jaar in Mexico werkzaam is geweest is op 1 juli vertrokken. De duur der uitzending is gesteld op een jaar.

Op 1 augustus 1956 is **H. Emanuel,** voordien werkzaam bij de Rijkspostspaarbank te Amsterdam, in dienst getreden bij de Nederlandse Stichting voor Statistiek te 's-Gravenhage, als hoofd van de afdeling Fundamenteel onderzoek.

Uit de Vereniging

Biometrische Dag

Op 18 mei 1956 werd te Utrecht wederom een biometrische dag gehouden door de Medisch-biologische sectie, de Studiekring voor statistische techniek en de Biometric Society, afd. Nederland. Als sprekers traden op C. A. G. Nass van het Instituut voor Preventieve Geneeskunde te Leiden, Ph. van Elteren van het Mathematisch Centrum en Dr. C. L. Rümke van het Instituut voor Farmacologie te Amsterdam. De heer Nass begon zijn lezing over statistische methoden met betrekking tot het ziekteverzuim met de merkwaardige mededeling dat de ziekteverzuimstatistieken al 25 jaar lang in de kinderschoenen staan. Stelt men een beginnend ziekteverzuim bij een arbeider voor door het trekken van een zwarte bal uit een vaas met witte en zwarte ballen dan ziet men in dat het aantal verzuimen in een periode volgens Poisson verdeeld is en getoetst kan worden of de arbeiders gelijke ongevallenkansen hebben. Daarnaast kan getoetst worden tegen nietconstantheid in de tijd, waarbij rekening gehouden wordt met de hogere kans op griep in de wintertijd. De toetsing tegen ongelijke ongevallenkansen blijkt te leiden tot een afgeknotte binomiale verdeling, terwijl voor de toetsing tegen de trend rekening gehouden moet worden met afhankelijkheid in de tijd. Hiervoor werden formules opgesteld die leiden tot een negatieve binomiale verdeling van het aantal ongevallen per arbeider.
De heer van Elteren behandelde vervolgens de sequente binomiale toets. Deze toets is ontwikkeld op grond van het feit dat als men na toepassing van de klassieke binomiale toets de nulhypothese niet kan verwerpen, men niet nog enkele waarnemingen mag toevoegen in de hoop met de aldus vergrote steekproef wel tot verwerping te kunnen komen. Want aldus handelende zou men de kans op ten onrechte verwerpen groter maken dan de overeengekomen onbetrouwbaarheid α. Kiest men een lagere onbetrouwbaarheidsdrempel dan α, dan is dit wel geoorloofd en hierop is de sequente toets gebaseerd. Er is altijd een zeker minimum aantal waarnemingen nodig maar daarboven kan men stap voor stap voortgaan tot men hetzij komt tot verwerping van de nulhypothese of tot verwerping van een der alternatieve hypothesen. De theorie leert dat men op deze wijze gemiddeld minder waarnemingen nodig heeft dan met de gewone binomiale toets.
Tenslotte behandelde Dr. Rümke een aantal praktijkvoorbeelden van laboratoriumexperimenten waarbij deze sequente toets was toegepast.

Van de bedrijfssectie

Op 2 juni j.l. sprak Ir. W. Monhemius van N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken voor de Bedrijfssectie over het onderwerp: „Verklaring en bestrijding van wachttijden".
Besproken werden situaties waarbij een klant (resp. een order, een vliegtuig etc.) moet wachten omdat het loket (resp. de draaibank, de startbaan etc.) nog bezet wordt door de vorige klant.
Nader werd besproken welke factoren bij wachttijdproblemen een rol spelen, hoe deze problemen numeriek verklaard kunnen worden en welke maatregelen moeten worden genomen om wachttijden te verkorten.

Economische Sectie

Sinds het begin van dit jaar telt onze vereniging ook een Economische Sectie, welke blijkens haar reglement tot doel heeft het bevorderen van het economisch-statistisch onderzoek in dienst van wetenschap en samenleving. De Economische Sectie tracht dit doel o.m. te bereiken door het organiseren van *plaatselijke of regionale studiegroepen*, op welker bijeenkomsten gelegenheid bestaat over daar te houden voordrachten, uit eigen kring of door derden, van gedachten te wisselen, het onderling contact tussen de leden te versterken of ervaringen uit te wisselen. Reeds zijn dergelijke studiegroepen met veel succes gestart in *Amsterdam* en *Den Haag*, terwijl ook in *Rotterdam* en *Eindhoven* (als centrum voor Zuid-Nederland) de oprichting van een studiegroep wordt voorbereid. Het voorlopig bestuur van de Economische Sectie bestaat uit de volgende personen: L. van Kranendonk, Research-manager, N.V. Mag. „De Bijenkorf", *voorzitter;* H. Emanuel, Hoofd Afd. Fundamenteel Onderzoek, Nederlandse Stichting voor Statistiek, *secretaris-penningmeester;* P.E. Venekamp, medewerker Bureau van Statistiek der Gemeente Amsterdam.
Allen die werkzaam zijn op bovengenoemd terrein of daarvoor belangstelling hebben worden uitgenodigd tot de Sectie toe te treden. Verzoeken om nadere inlichtingen of aanmeldingen voor het lidmaatschap kunnen worden gericht tot de secretaris, Bankaplein 1a, Den Haag, tel. (01700) 550200 of tot een van de volgende plaatselijke secretarissen

Amsterdam, F. W. Adriaanse, Dienst Havens en Handelsinrichtingen, Damrak 52a, tel. (020) 50200

Den Haag, H. G. C. Nanninga, Centraal Bureau voor de Statistiek, tel. (0 1700) 184270

Rotterdam, F. Rietveld, Attwood Statistics Ltd, Groothandelsgebouw A4, tel. (01800) 320070.

Eindhoven, P. L. F. de Jong, N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, tel. (04900) 6000, toest. 5510.

Druk: N.V. Luctor et Emergo, Den Haa